Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE TOLUÈNE

Canada

mars 1984

85-0076/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE TOLUÈNE

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES
DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

OTTAWA
MARS 1984
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par le Service des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Toluene
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

Imprimé
par le ministère des Approvisionnements et Services
N° de catalogue: En 48-10/9-1984F
ISBN 0-662-92645-5

©
Ministre des Approvisionnements et Services
1984

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

AVANT-PROPOS

La collection «Enviroguide» a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes,organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	IV
	Remerciements	IV
	Liste des figures	IX
	Liste des tableaux	IX
	Abréviations et symboles	X
	Définitions	XII
	Sigles	XIII
1	**Résumé**	1
1.1	Toluène ($C_6H_5CH_3$)	1
2	**Propriétés physiques et chimiques**	3
3	**Production, transport et commerce**	10
3.1	Qualités et titres du produit	10
3.2	Fabricants au Canada	10
3.3	Autres fournisseurs	10
3.4	Itinéraires utilisés pour le transport	10
3.5	Volume de production	10
3.6	Technique de production	11
3.6.1	Information générale	11
3.6.2	Procédé de fabrication	11
3.7	Principales utilisations au Canada	11
3.8	Principaux acheteurs au Canada	11
4	**Manutention du produit et compatibilité**	13
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	13
4.1.1	Transport en vrac	13
4.1.1.1	Wagons-citernes	13
4.1.1.2	Véhicules-citernes routiers	17
4.1.2	Transport en fûts	17
4.2	Déchargement	17
4.2.1	Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes	17
4.2.2	Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications	18
4.3	Compatibilité entre le toluène et certains matériaux de fabrication	19
5	**Fuite et migration du produit**	21
5.1	Aperçu général	21
5.2	Nomogrammes des fuites	21
5.2.1	Introduction	21
5.2.2	Nomogrammes	22
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	22
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement	22
5.2.3	Exemples de calcul	22
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	23
5.3.1	Introduction	23
5.3.2	Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs	23

5.3.2.1	Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température	23
5.3.2.2	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	28
5.3.2.3	Demi-largeurs maximales du panache dangereux	32
5.3.2.4	Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé	33
5.3.3	Étapes du calcul	33
5.4	Comportement dans l'eau	37
5.4.1	Introduction	37
5.4.2	Nomogrammes	37
5.4.2.1	Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée)	37
5.4.2.2	Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, confinée)	37
5.4.2.3	Distance de dérive en fonction du temps (aucun vent)	40
5.4.2.4	Addition vectorielle du courant de surface et du vent	40
5.4.3	Exemples de calcul	40
5.5	Comportement dans la subsurface: migration dans le sol	43
5.5.1	Mécanismes	43
5.5.2	Équations décrivant le mouvement du toluène dans le sol	45
5.5.3	Coefficient de perméabilité du toluène en sol saturé	45
5.5.4	Sols	45
5.5.5	Nomogrammes de migration	46
5.5.6	Exemples de calcul	46
6	**Protection de l'environnement**	51
6.1	Limites maximales admissibles	51
6.1.1	Qualité de l'eau	51
6.1.1.1	Situation au Canada	51
6.1.2	Qualité de l'air	51
6.1.2.1	Situation en Ontario	51
6.1.2.2	Situation aux États-Unis	51
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	51
6.2.1	Situation au Canada	51
6.2.2	Évaluation de la toxicité ailleurs dans le monde	51
6.2.2.1	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	51
6.2.3	Toxicité en eau douce	52
6.2.4	Toxicité en eau salée	53
6.2.5	Études sur les effets toxiques en milieu aquatique	53
6.3	Toxicité pour d'autres espèces vivantes	54
6.3.1	Toxicité pour le bétail	54
6.3.2	Toxicité pour les oiseaux	54
6.3.3	Toxicité pour les insectes et les invertébrés	54
6.3.4	Toxicité pour les végétaux	54
6.4	Dégradation	55
6.4.1	Dégradation biologique	55
6.4.2	Demande biologique en oxygène (DBO)	55
6.4.3	Demande chimique en oxygène (DCO)	55
6.5	Devenir et effets à long terme	56
6.6	Effets sur le sol	56
6.6.1	Dégradation du toluène dans le sol	56
6.7	Autres effets	56
6.7.1	Effets possibles sur un procédé d'épuration des eaux	56

7	**Protection de la santé**	57
7.1	Normes d'exposition recommandées	57
7.1.2	Index de toxicité par inhalation (ITI)	58
7.2	Données sur les actions irritantes	58
7.2.1	Contact avec la peau	58
7.2.2	Contact avec les yeux	58
7.3	Seuil de perception des caractères organoleptiques	59
7.3.1	Odeur	59
7.3.2	Goût	59
7.4	Études à long terme	59
7.4.1	Inhalation	59
7.4.2	Ingestion	62
7.4.3	Cancérogénicité	63
7.4.4	Tératogénicité et mutagénicité	63
7.5	Symptômes de l'intoxication	63
7.5.1	Inhalation	64
7.5.2	Ingestion	64
7.5.3	Contact avec la peau	64
7.5.4	Contact avec les yeux	64
7.6	Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme	64
7.6.1	Monoxyde de carbone	64
8	**Compatibilité chimique**	65
8.1	Compatibilité entre le toluène et d'autres produits chimiques	65
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	66
9.1	Mesures recommandées	66
9.1.1	Risques d'incendie	66
9.1.2	Moyens d'extinction	66
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement accidentel	66
9.1.3.1	Information générale	66
9.1.3.2	Déversements sur le sol	66
9.1.3.3	Déversements dans l'eau	67
9.1.4	Nettoyage et traitement	67
9.1.4.1	Déversements sur le sol	67
9.1.4.2	Déversements dans l'eau	67
9.1.4.3	Information générale	67
9.1.5	Élimination du polluant	68
9.1.6	Données relatives à la filtration sur charbon	68
9.1.7	Mesures de protection	68
9.1.8	Précautions spéciales	69
9.2	Équipements, produits et technique d'intervention	70
10	**Cas de déversements accidentels**	71
10.1	Déraillement d'un train de wagons-citernes	71
11	**Identification et dosage des polluants**	72
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives)	72
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	72
11.2	Identification du poluant présent dans l'air (analyse qualitative)	73

11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives)	73
11.3.1	Chromatographie en phase gazeuse	73
11.3.2	Spectroscopie de l'infrarouge	74
11.3.3	Gravimétrie	74
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)	74
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives)	74
11.5.1	Chromatographie en phase gazeuse	74
11.5.2	Spectroscopie de l'infrarouge	75
11.5.3	Gravimétrie	75
11.6	Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)	75
12	**Références et bibliographie**	76
12.1	Références	76
12.2	Bibliographie	83

LISTE DES FIGURES

1	Tension de vapeur en fonction de la température	6
2	Masse volumique du liquide en fonction de la température	7
3	Masse volumique de la vapeur en milieu saturé en fonction de la température	7
4	Viscosité de la vapeur en fonction de la température	8
5	Viscosité du liquide en fonction de la température	8
6	Diagramme de phase	9
7	Wagon-citerne – Classe 111A60W1	15
8	Fûts typiques	16
9	Rupture de la paroi inférieure d'un wagon-citerne	22
10	Pourcentage de liquide restant/temps d'écoulement	24
11	Débit de fuite/temps d'écoulement	24
12	Formation d'un panache de vapeurs	25
13	Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse	26
14	Débit d'émission de vapeurs à différentes températures, en fonction du rayon de la nappe	27
15	Teneur uniformisée en fonction de la distance sous le vent	29
16	Conversion de la TLV®(ppm à g/m^3)	30
17	Conversion de la L.I.I. (% de volume à g/m^3)	31
18	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	35
19	Zone dangereuse sous un vent invariable	36
20	Zone dangereuse sous un vent variable	36
21	Rayon de la nappe, en fonction du temps (eau calme, non confinée)	38
22	Longueur de la zone touchée, en fonction du rayon de la nappe (eau calme, confinée)	39
23	Distance de dérive (aucun vent)	41
24	Addition vectorielle du courant de surface et du vent	42
25	Migration dans le sol	44
26	Plan d'utilisation des nomogrammes	47
27	Migration dans du sable grossier	48
28	Migration dans du sable limoneux	49
29	Migration dans du till argileux	50

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	5
2	Spécifications relatives aux wagons-citernes	13
3	Spécifications relatives aux wagons-citernes – Classe 111A60W1	14
4	Fûts à toluène	17
5	Compatibilité entre le toluène et certains matériaux de construction	20
6	Deux catégories de conditions météorologiques	28
7	Demi-largeurs maximales du panache dangereux pour le toluène à 20 °C	32

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
MAK-D	Teneur maximale admissible – courte durée (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa · s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_c	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$Temp_c$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale
TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV®C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent

μ	Viscosité
vap	Vapeur
vol.	Volume
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation

^{o}Bé	Degré Baumé
^{o}C	Degré Celsius
ϕ	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection «Enviroguide». Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bioconcentration. – Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Bio-accumulation. – Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. – Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Concentration. – Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. – Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. – La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. – Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur des tissus d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH *(Immediately Dangerous to Life or Health).* – Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. – Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un «récepteur» qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. – En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. – Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. – Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. – Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL (TLV – *Short Term Exposure Limit*). – Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. – Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. – Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. – Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). – Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). – À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. – Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV®-C sont des teneurs plafonds.)

Teneur toxique minimale. – La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il y ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). – Rapport de la masse d'une substance dissoute à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* – Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV®-C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* – Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. – Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyers' Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)

1 RÉSUMÉ

1.1 Toluène ($C_6H_5CH_3$)

Le toluène est un liquide incolore dégageant une odeur aromatique.

Synonymes
Toluol, méthylbenzène, phénylméthane

N^os d'identification
UN 1294; STCC 4909305; CAS 108-88-3; OHM-TADS 7216928

Qualités et titres
De nitration: 99,99 p. 100
Industrielle: 98 p. 100

Dangers immédiats
Incendie. – Le toluène est inflammable. Les vapeurs de toluène forment avec l'air des mélanges explosifs. Les vapeurs peuvent se propager vers une source d'allumage et provoquer un retour de flamme.
Effet sur l'homme. – Toxique, en cas d'inhalation, d'ingestion, de contact ou de pénétration par voie cutanée.
Effet sur l'environnement. – Toxique pour certaines espèces du milieu aquatique à des teneurs aussi faibles que 10 mg/l.

Données relatives aux propriétés physiques

État (à 15 °C; 1 atm)	Liquide
Point d'ébullition	110,6 °C
Point de fusion	- 95 °C
Inflammabilité	Inflammable
Point d'éclair	4 °C (coupelle fermée)
Tension de vapeur	3,7 kPa à 25 °C
Masse volumique	0,867 g/cm^3 à 20 °C
Solubilité dans l'air	0,05 g/100 ml à 20 °C
Comportement dans l'eau	Flotte
Comportement dans l'air	Vapeurs; forment avec l'air des mélanges explosifs
Plage du seuil olfactif dans l'air	0,17 à 40 ppm
Seuil olfactif dans l'air	0,17 ppm

Dangers pour l'environnement
Le toluène est toxique pour les organismes aquatiques notamment pour les oiseaux aquatiques et les animaux marins à la suite d'ingestion ou de contact. Il ne présente cependant aucun danger de bio-accumulation ou de concentration le long de la chaîne alimentaire.

Dangers pour l'homme
Teneur maximale admissible établie par l'ACGIH (TLV®): 100 ppm (375 mg/m^3).
Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH): 2000 ppm (7648 mg/m^3).
Effets en cas d'inhalation. – Maux de tête, étourdissement et difficultés respiratoires. Une forte inhalation des vapeurs de toluène peut être mortelle à cause d'une paralysie des fonctions respiratoires.

Effets en cas de contact. – Le toluène pénétrant par la peau entraîne des symptômes semblables à ceux que produisent l'inhalation et un contact prolongé provoque des irritations. Le contact avec les yeux du toluène liquide ou des vapeurs de toluène concentrées peut causer une irritation des yeux ou des brûlures de la cornée.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Émettre l'avertissement: «Inflammable». Appeler les pompiers et prévenir le fabricant. Éliminer les causes possibles d'inflammation, dont les appareils divers et la circulation de véhicules automobiles. Arrêter l'écoulement et confiner la nappe de liquide, si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide et les vapeurs qu'il dégage. Se tenir face au vent, la nappe derrière soi. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Utiliser de la mousse, des poudres sèches ou du dioxyde de carbone. Refroidir avec de l'eau les contenants exposés aux flammes. Se tenir éloigné des extrémités des citernes.

Mesures d'intervention d'urgence

• Toluène dans ou sur le sol

Construire des barrages pour confiner la nappe ou la diriger vers des surfaces imperméables. Enlever le produit au moyen de pompes ou d'appareils aspirateurs. Absorber ce qui reste à l'aide de sciure de bois, de sable ou de sorbants synthétiques; ramasser le tout à la pelle et placer les matières imbibées dans des contenants qui peuvent être fermés. Le matériel d'intervention ne doit pas pouvoir provoquer d'étincelles et doit pouvoir résister aux explosions.

• Toluène dans et sur l'eau

Confiner la nappe au moyen de barrages flottants ou d'obstacles naturels, ou par dérivation du cours d'eau. Utiliser des écumoires superficielles ou des tuyaux d'aspiration pour enlever le produit, puis appliquer des sorbants. Le matériel d'intervention ne doit pas pouvoir provoquer d'étincelles et doit pouvoir résister aux explosions.

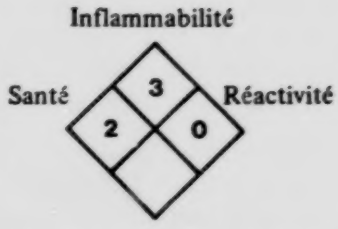
• Toluène dans l'air

Utiliser un jet d'eau pour disperser les vapeurs inflammables. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever plus tard.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	3
Santé	
Irritation causée par la vapeur	1
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	1
Empoisonnement	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	1
Toxicité pour la vie aquatique	3
Dommages sur le plan esthétique	2
Réactivité	
Avec d'autres produits chimiques	1
Avec l'eau	0
Autoréaction	0

Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)



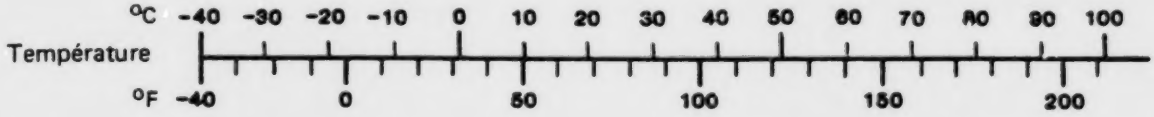
Champ intérieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

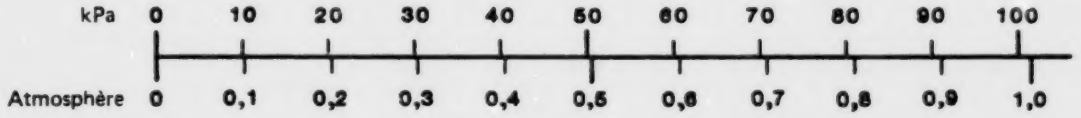
Propriétés physiques	
Aspect	Liquide incolore (Dow ERIS, 1981)
État à l'expédition	Liquide
État physique (15 °C; 1 atm)	Liquide
Point de fusion	- 95 °C (CRC, 1980) (Kirk-Othmer, 1983)
Point de congélation	- 95 °C (Dow ERIS, 1979) (Kirk-Othmer, 1983)
Point d'ébullition	110,6 °C (CRC, 1980) (Kirk-Othmer, 1983)
Tension de vapeur	3,7 kPa (25 °C) (Dow MSDS, 1979) 7,9 kPa (40 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Masse volumique et densité	
Masse volumique	0,867 g/cm^3 (20 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Densité relative du liquide (eau = 1)	0,872 (20 °C/4 °C) (Dow MSDS, 1979)
Densité relative de la vapeur	3,14 (Dow MSDS, 1979)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Liquide inflammable (NFPA, 1978)
Point d'éclair (coupelle fermée)	4 °C (NFPA, 1978)
(coupelle ouverte)	13 °C (CHRIS, 1978)
Température d'inflammation spontanée	480 °C (NFPA, 1978)
	480 - 496 °C (API, 1982)
Vitesse de combustion	5,7 mm/min (CHRIS, 1978)
Limite supérieure d'inflammabilité	7,1 p. 100 (vol/vol) (NFPA, 1978)
Limite inférieure d'inflammabilité	1,2 p. 100 (vol/vol) (NFPA, 1978)
Vitesse de propagation des flammes	37 cm/s (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur de combustion	3909 kJ/mole (20 °C) (CRC, 1980)
Produits de la combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)
Risque de retour de flamme	Les vapeurs peuvent parcourir une distance considérable vers une source d'inflammation et provoquer un retour de flamme (NFPA, 1978)
Explosibilité	Les vapeurs forment avec l'air des mélanges explosifs (NFPA, 1978)
Comportement dans un incendie	Peut exploser s'il est enflammé dans un endroit clos (NFPA, 1978)
Risque d'allumage électrique	Peut s'enflammer à la suite d'une décharge d'électricité statique
Autres propriétés	
Masse moléculaire de la substance pure	92,15 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	98 p. 100 de toluène (qualité industrielle) (Dow ERIS, 1979) 99 p. 100 de toluène (qualité de nitration) (Kirk-Othmer, 1983)
Indice de réfraction	1,4961 (CRC, 1980)
Viscosité	0,590 mPa·s (20 °C) (CRC, 1980)
Tension interfaciale avec l'air	28,5 mN/m (20 °C) (CRC, 1980) 27,9 mN/m (25 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Tension interfaciale avec l'eau	36,1 mN/m (25 °C) (CHRIS, 1978)

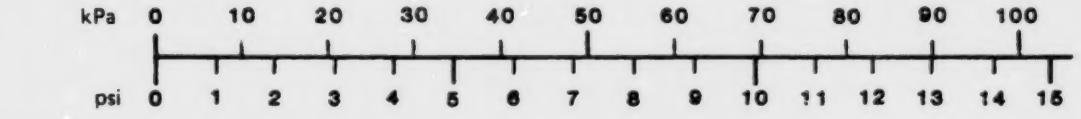
Chaleur latente de fusion	6,6 kJ/mole (au point de fusion) (CRC, 1980)
Chaleur latente de sublimation	38,0 kJ/mole (25 °C) (Lange's Handbook, 1979) 33,18 kJ/mole (110,6 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Chaleur de formation	Liquide: 12,1 kJ/mole (25 °C) (Sussex, 1977) (Kirk-Othmer, 1983) Gaz: 50,0 kJ/mole (25 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Entropie	Liquide: 219,6 kJ/°K (Kirk-Othmer, 1983) Gaz: 319,7 kJ/°K (Kirk-Othmer, 1983)
Potentiel d'ionisation	8,82 eV (Rosenstock, 1977)
Capacité thermique massique	1,125 J/g·°K (gaz idéal) (Kirk-Othmer, 1983) 1,970 J/g·°K (liquide à pression standard) (Kirk-Othmer, 1983)
à pression constante	156 J/mole·°C à 25 °C (CRC, 1980)
à volume constant	143 J/mole·°C à 25 °C (CRC, 1980)
Pression critique	4215 kPa (CRC, 1980) 4109 kPa (Kirk-Othmer, 1983)
Température critique	320,8 °C (CRC, 1980) 318,6 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Coefficient de dilatation thermique (volume)	1,099 x 10^{-3}/°C (20 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Conductivité thermique	4,91 J/h·cm·°C (17 °C) (CRC, 1980)
Teneur de saturation	110 g/m^3 (20 °C) (Verschueren, 1977) 184 g/m^3 (30 °C) (Verschueren, 1977)
Diffusivité	0,076 m^2/s (0 °C) (Perry, 1973)
Log_{10} du coefficient de partage octanol/eau	2,69 (20 °C) (Chiou et Schmedding, 1982)
Solubilité dans l'eau	0,05 g/100 ml (20 °C) (Texaco, MSDS) 0,047 g/100 ml (16 °C) (Verschueren, 1977) 0,0528 g/100 ml (20 °C) (Verschueren, 1977)
Solubilité dans d'autres substances communes	Miscible dans l'éthanol, le diéthyléther et le benzène. Soluble dans l'acétone et le disulfure de carbone (CRC, 1980)
Azéotropes	*Avec l'eau*, 45 p. 100 (en poids) de toluène; point d'ébullition: 95,3 °C (Kirk-Othmer, 1983)
	Avec le méthanol, 31 p. 100 (en poids) de toluène; point d'ébullition: 63,8 °C (Kirk-Othmer, 1983)
	Avec l'éthanol, 32 p. 100 (en poids) de toluène; point d'ébullition: 76,7 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Facteur de conversion du volume en poids de la vapeur	1 ppm = 3,824 mg/m^3 (20 °C) (Verschueren, 1977)

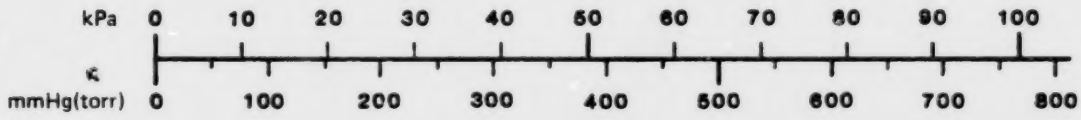
TOLUÈNE — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression — 1 kPa = 1 000 Pa







Viscosité

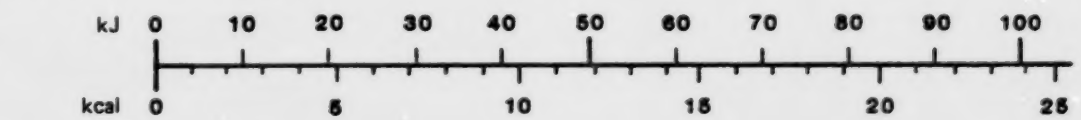
Dynamique — 1 Pa·s = 1 000 centipoises (cP)

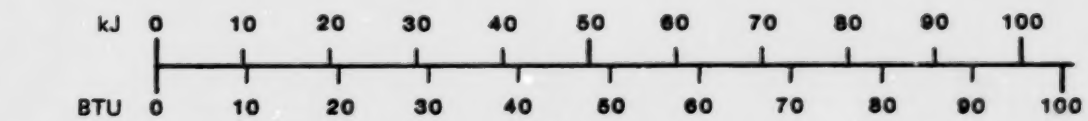
Cinématique — 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)

1 ppm ≅ 1 mg/l

Énergie (chaleur) — 1 kJ = 1 000 J





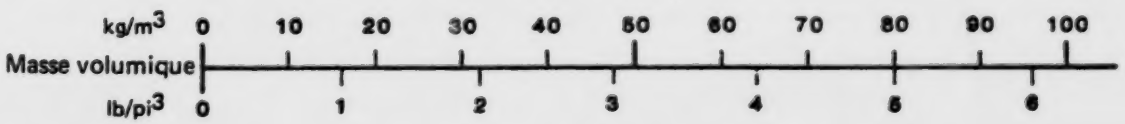


Figure 1

TOLUÈNE — **TENSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng. 1975

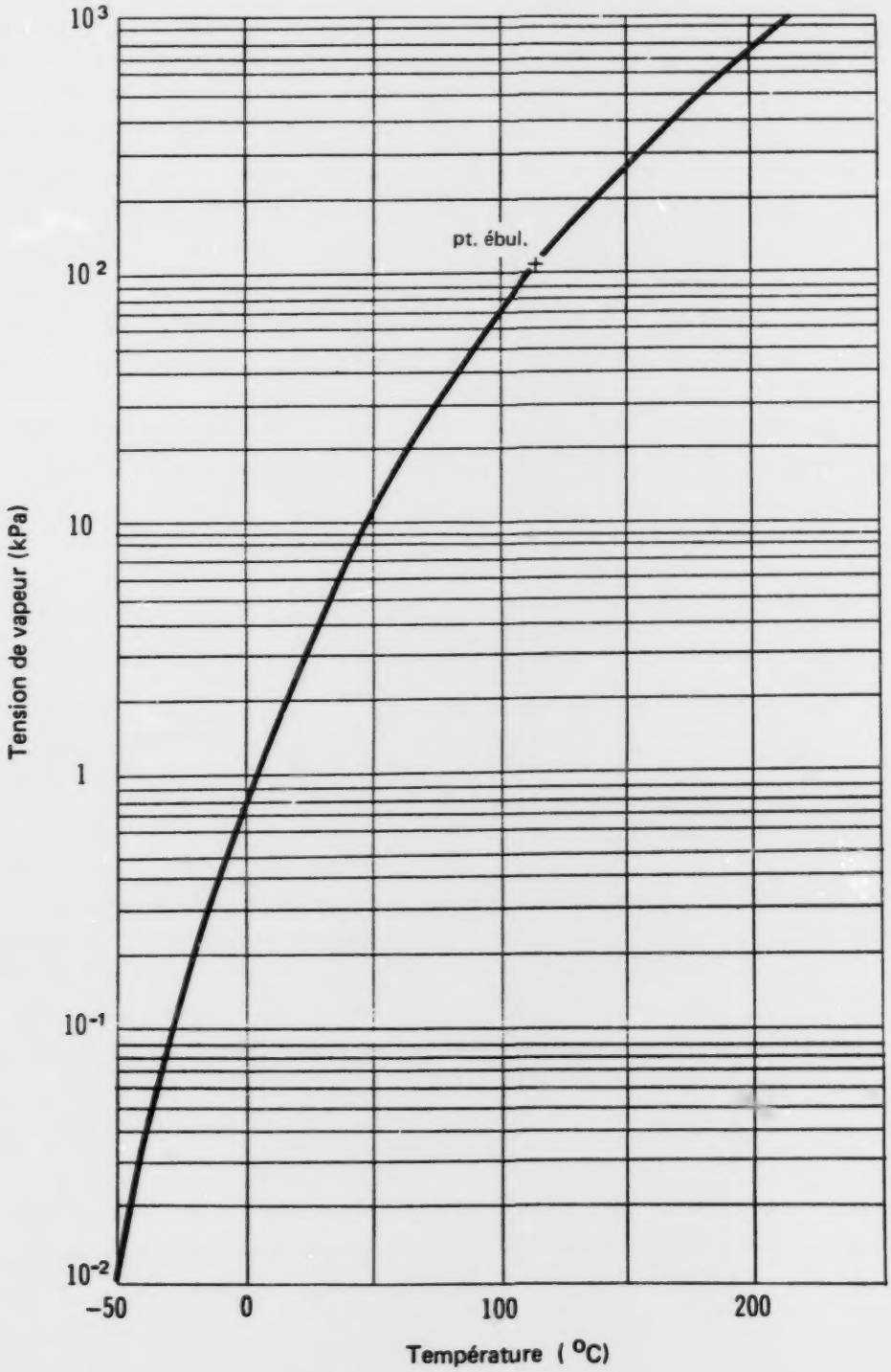


Figure 2

TOLUÈNE — **MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: Chem. Eng, 1975

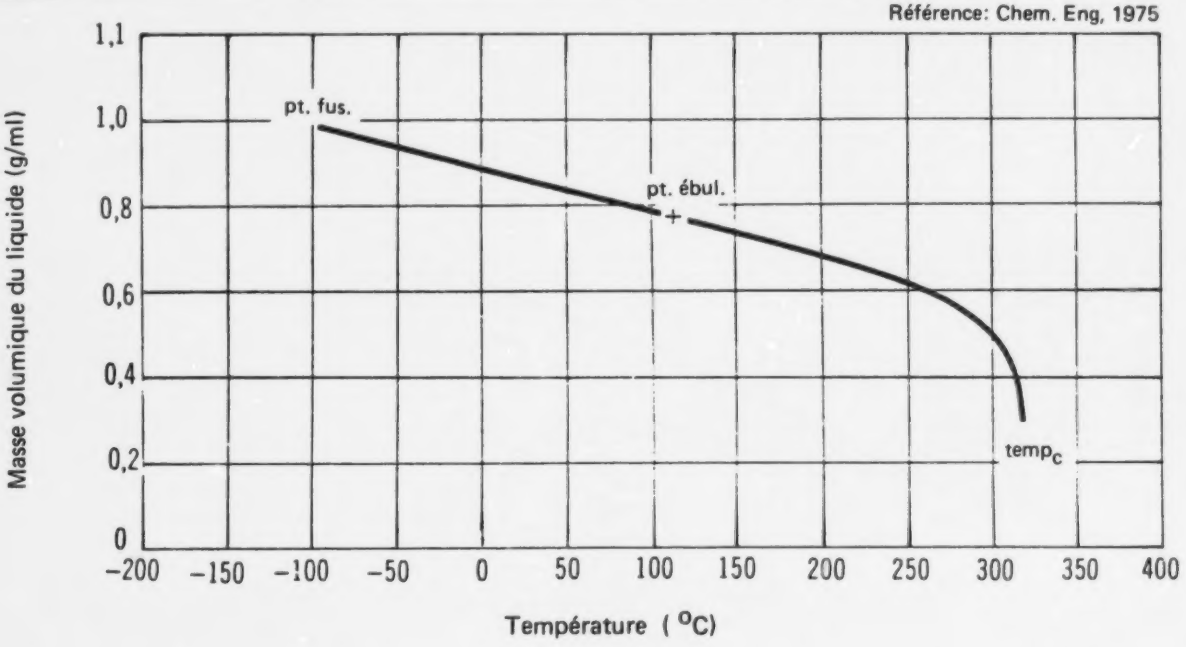


Figure 3

TOLUÈNE — **MASSE VOLUMIQUE DE LA VAPEUR EN MILIEU SATURÉ EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE**

Référence: CHRIS 1978

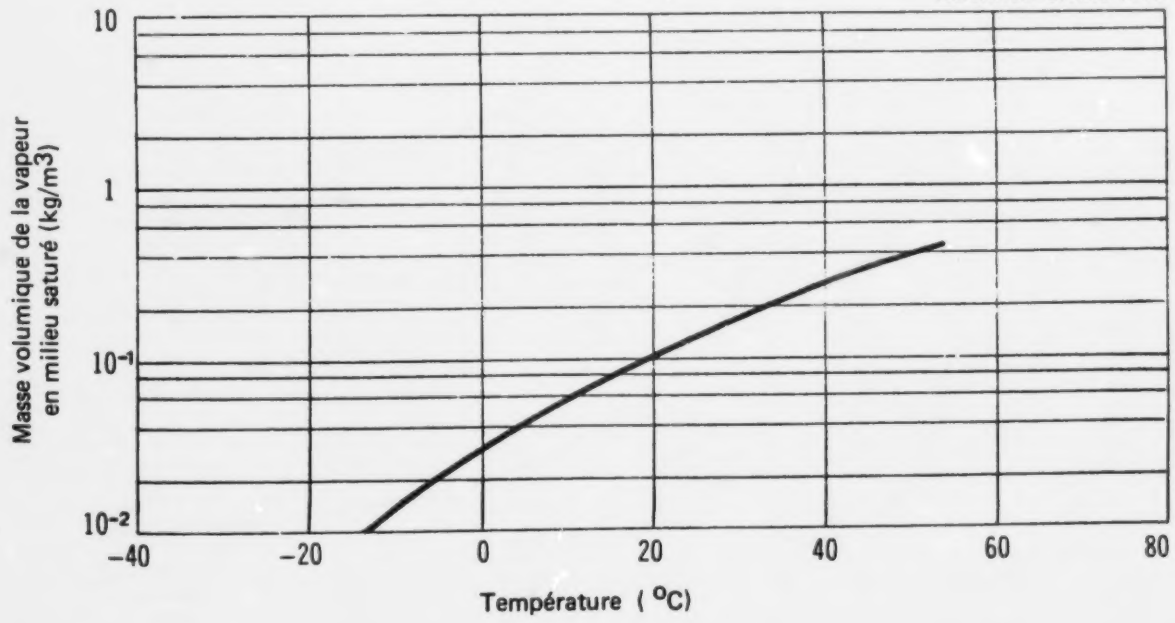


Figure 4

TOLUÈNE

VISCOSITÉ DE LA VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Chem. Eng., 1975

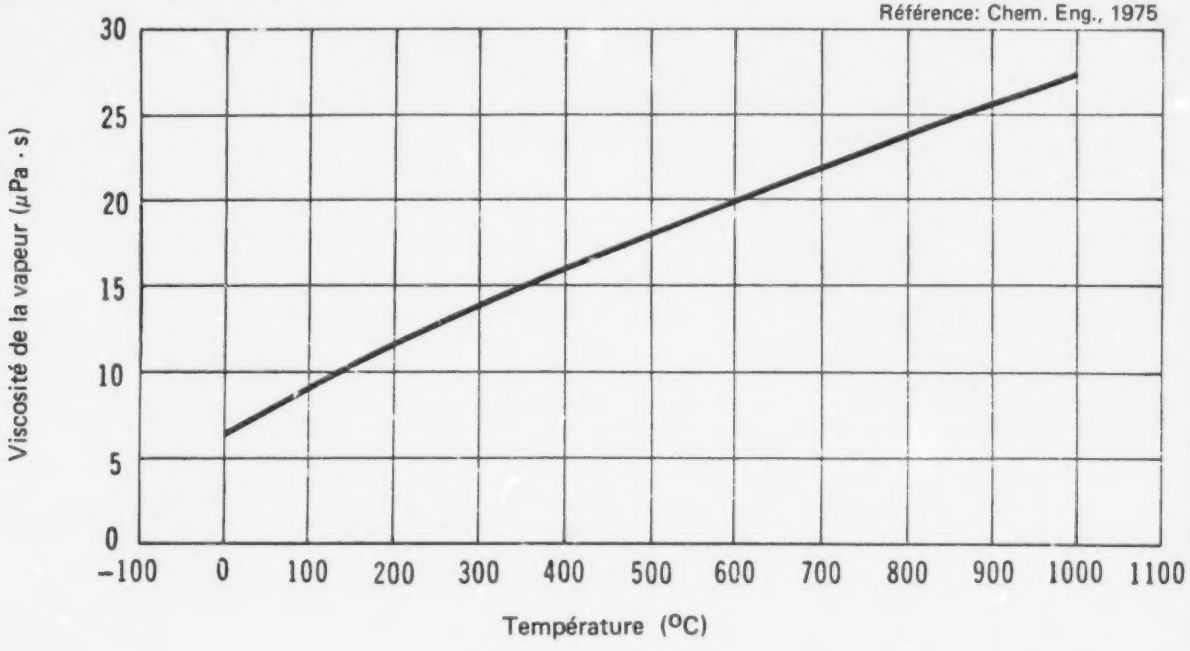


Figure 5

TOLUÈNE

VISCOSITÉ DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Référence: Chem. Eng., 1975

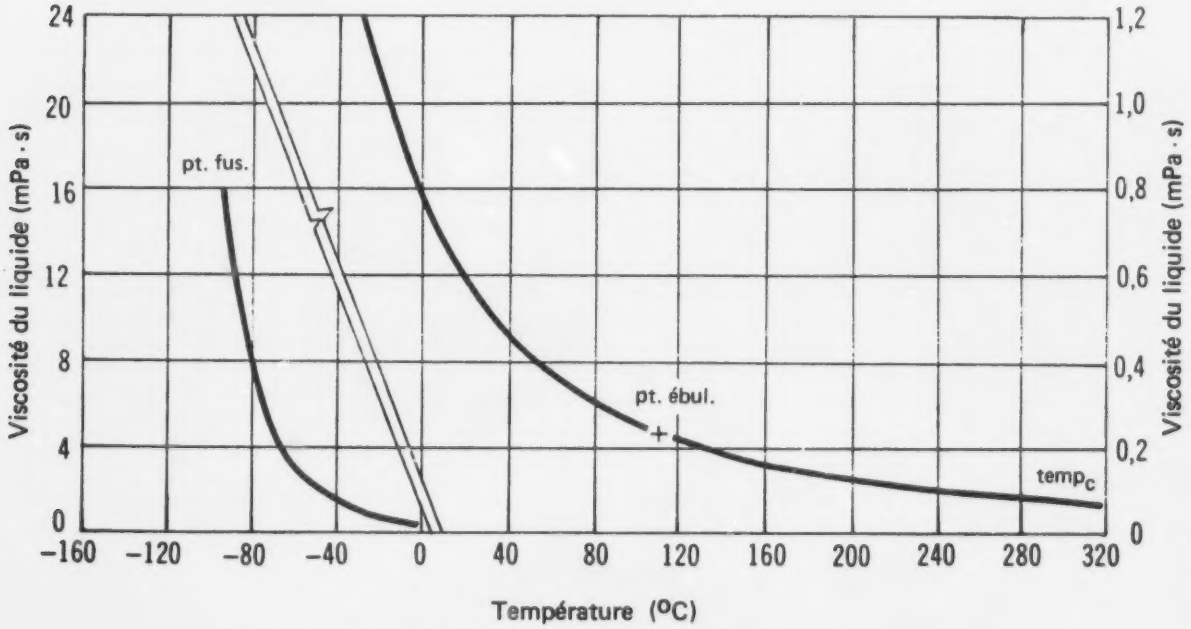
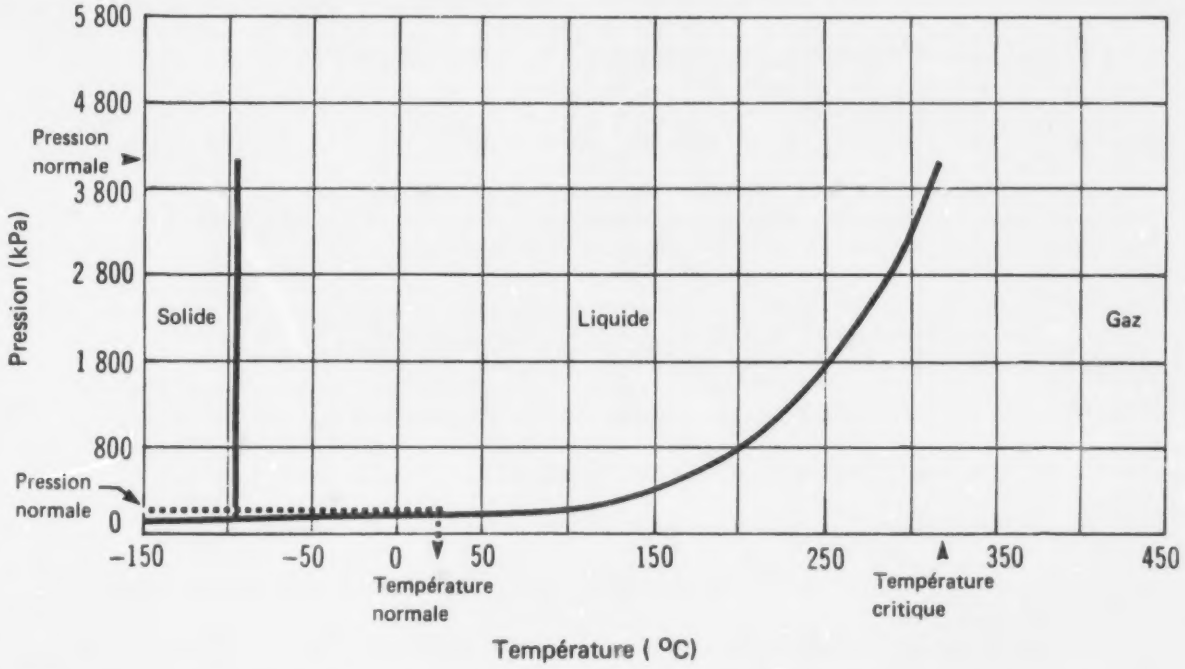


Figure 6

TOLUÈNE

DIAGRAMME DE PHASE



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualités et titres du produit (Corpus, 1983; Finachem PI, 1979)

Le toluène à la qualité de nitration est vendu à un titre d'au moins 99,99 p. 100. La qualité industrielle a un titre de 98 p. 100. Le toluène est également vendu mélangé avec des xylènes.

3.2 Fabricants au Canada (Corpus, 1983; CBG, 1980; CCPA, 1981)

Voici les adresses des sièges sociaux des sociétés productrices. Le lecteur notera qu'elles ne sont pas fournies ici dans le but qu'on s'en serve comme premiers recours en cas de déversement.

Esso Chemical Canada, 2300 Yonge Street, Toronto, Ontario, M5W 1K3, (416) 488-6600
Finachem Canada Inc., 1 Place Ville-Marie, Montréal, Québec, H3B 4A9, (514) 866-3911, (514) 866-2094
Gulf Canada Ltd., 800 Bay Street, Toronto, Ontario, M5S 1Y8, (416) 924-4141
Petrosar Ltd., P.O. Box 3060, Sarnia, Ontario, N7T 7M1, (519) 862-2911
Shell Canada Ltd., 505 University Avenue, Toronto, Ontario, M5G 1X4, (416) 866-7111
Sunchem, Division of Sunoco Inc., 56 Wellesley Street West, Toronto, Ontario, M5S 2S4, (416) 924-4111
Texaco Canada Inc., 90 Wynford Drive, Don Mills, Ontario, M3C 1K4, (416) 443-7811

3.3 Autres fournisseurs (Corpus, 1983)

Dow Chemical Canada Inc., (usage sur place), Box 1012, Modeland Road, Sarnia, Ontario, N7T 7K7, (519) 339-3131
Kalama Chemical (Direct) U.S.A.

3.4 Itinéraires utilisés pour le transport

Actuellement, tout le toluène fabriqué au Canada provient du Québec, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique. Les principaux clients sont situés dans ces provinces et le transport est effectué à l'intérieur de leur territoire respectif, notamment dans les régions de Toronto-Sarnia et de Montréal et dans une moindre mesure dans la région de Vancouver. Les quantités transportées partout ailleurs au Canada sont généralement faibles.

3.5 Volume de production (Corpus, 1983)

Société	Ville	Province	Capacité nominale kilotonnes/an (1982)
Esso Chemical Canada	Sarnia	Ontario	70
Esso Chemical Canada	Ioco	Colombie-Britannique	38
Petrosar	Corunna	Ontario	60
Pétro-Canada	Montréal	Québec	158
Gulf Canada	Montréal	Québec	52
Shell Canada	Corunna	Ontario	95
Sunchem	Sarnia	Ontario	160
Texaco Canada	Mississauga	Ontario	20
TOTAL			653
Production nationale (1982)			470
Importations (1982)			1,1
TOTAL			471,1

3.6 Technique de production

3.6.1 Information générale. – Au Canada, le toluène est produit surtout par le procédé de reformage catalytique des coupes de pétrole riche en naphthènes, parallèlement, en général, à la fabrication du benzène et des xylènes.

3.6.2 Procédé de fabrication. – La déshydrogénation des coupes de naphtha est le procédé de fabrication du toluène le plus couramment utilisé. La charge est préchauffée, vaporisée, mélangée avec des gaz recyclés riches en hydrogène et introduite dans le réacteur pour une période de mise en contact d'environ 15 secondes. Les cyclanes de la charge sont transformés par reformage catalytique en hydrocarbures aromatiques et en hydrogène; la réaction est représentée comme suit:

$$C_6H_{11}CH_3 \xrightarrow[455\text{-}549\ ^{o}C,\ 1000\ à\ 3000\ kPa]{\text{Molybdène ou platine sur alumine}} C_6H_5CH_3 + 3H_2$$

La conversion atteint habituellement environ 80 p. 100. La charge est refroidie dans des échangeurs de chaleur et la phase liquide est séparée; le liquide est fractionné et la fraction riche en toluène est raffinée davantage par fractionnement supplémentaire et à la suite d'opérations successives de distillation azéotropique et de lavage. La phase gazeuse et les phases pauvres en toluène sont recyclées dans le procédé.

3.7 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1983; Finachem PDS, 1981)

Le toluène est utilisé dans la fabrication des produits suivants: benzène, acide benzoïque/phénol, trinitrotoluène, laques, solutions de résine, diluants de laque, en tant que composant de l'essence et solvants dans la formulation des colles à caoutchouc, des peintures, des encres et des pesticides. En 1982, 39 p. 100 du toluène entraient dans la fabrication de solvants, 25 p. 100 pour la production de benzène et 22 p. 100 dans celle d'acide benzoïque ou de phénol. On prévoit que vers 1987, ces pourcentages passeront à 69 p. 100 pour la production du benzène et à 25 p. 100 pour celle des solvants, tandis qu'une petite quantité servirait à la fabrication d'acide benzoïque ou de phénol.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1983; CBG, 1980)

A & K Petro-Chem Industries, Weston, Ontario
Almatex, London, Ontario
Anachemia Chemicals, Montréal, Québec
Apco Chemical, Toronto, Ontario
Ashland Chemical/Solvents (Division) Valvoline Oil & Chemicals, Mississauga, Ontario
Arliss Chemical, Montréal, Québec
Bate Chemical, Toronto, Ontario
Borden Chemical, Toronto, Ontario
CIL Paints, Toronto, Ontario
CIL, McMasterville, Québec
Canada Colors & Chemical, Toronto, Ontario
Canada Printing Inks, Toronto, Ontario
Color Your World, Toronto, Ontario
Cote Chemicals, Chateauguay, Québec
DeSoto Coatings, Toronto, Ontario
Dominion Cisco Industries, Toronto, Ontario
DuPont Canada, Ajax, Corunna, Ontario
Ernchem Sales, Vancouver, C.-B.
Ford Motor Canada, Oakville, Ontario
General Motors Canada, Oshawa, Ontario
Gulf Canada, Montréal, Québec
Harrisons & Crosfield, Toronto, Ontario
Hart Chemical, Guelph, Ontario
Industrial Adhesives, Toronto, Ontario, Montréal, Québec

Inmont Canada, Toronto, Brantford, Ontario
International Chemical, Brampton, Ontario
International Paints, Montréal, Québec
Lawter Chemicals Canada, Toronto, Ontario
3M, London, Ontario
Mallinckroot, Pointe-Claire, Québec
Mobil Chemical, Toronto, Ontario
PPG Industries Canada, Toronto, Ontario
Shefford Chemicals, Granby, Québec
Sherwin-Williams of Canada, Montréal, Québec
Sico, Québec, Montréal, Québec
Sinclair & Valentine, Toronto, Ontario
Stanchem (PPG Industries), Montréal, Québec
Syndel Labs, Vancouver, C.-B.
Tonecraft, Toronto, Ontario
Toronto Star, Toronto, Ontario
USM Canada, Montréal, Québec
Van Waters & Rogers, Richmond, C.-B.; Montréal, Québec
Wilchem, Willowdale, Ontario

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. – Le toluène est transporté en vrac dans des wagons-citernes, des véhicules-citernes routiers et des citernes transportables. Au Canada, il est transporté en partie par canalisation et parfois par voie maritime dans des conteneurs-citernes.

4.1.1.1 Wagons-citernes. – Les wagons-citernes servant au transport du toluène sont classés dans la catégorie A-8, classe 111A de la Commission canadienne des transports (CCT). Les spécifications relatives à ces citernes sont décrites au tableau 2.

Tableau 2
Spécifications relatives aux wagons-citernes

Spécification du DOT/CCT*	Description
111A60W1	Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai 414 kPa (60 psi).
111A60F1	Citerne en acier soudé à la forge sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai 414 kPa (60 psi).
111A100W1	Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai 414 kPa (60 psi). Organe de déchargement par le bas ou bouchon d'évacuation des eaux de lavage par le bas (facultatif). Pression d'essai 690 kPa (100 psi).

*Department of Transportation (U.S.A.); Commission canadienne des transports

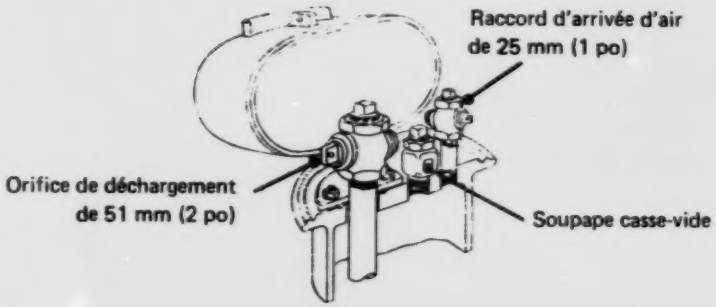
Le toluène est habituellement transporté dans des wagons-citernes ayant les capacités suivantes: 75 700 litres (16 700 gal imp.), 78 000 litres (17 200 gal imp.), 90 900 litres (20 000 gal imp.) et 98 400 litres (21 650 gal imp.). Le tableau 3 donne en détail les spécifications d'un wagon-citerne de classe 111A60W1 illustré à la figure 7. Ces wagons peuvent être déchargés à l'aide d'une pompe ou sous l'action de la pesanteur par des orifices de déchargement par le bas de 102 mm (4 po) ou de 152 mm (6 po) de diamètre, munis de robinets à tournant conique (TDGC, 1980). On peut aussi décharger les wagons par le haut au moyen d'une pompe. Dans ce cas, le toluène passe par un tube plongeur de déchargement qui va du bas de la citerne jusqu'à la plate-forme de dôme où il se termine par un robinet de déchargement. On ne décharge jamais une citerne de toluène sous pression d'air (MCA, 1956).

Tableau 3
Spécifications relatives aux wagons-citernes – classe 111A60W1
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

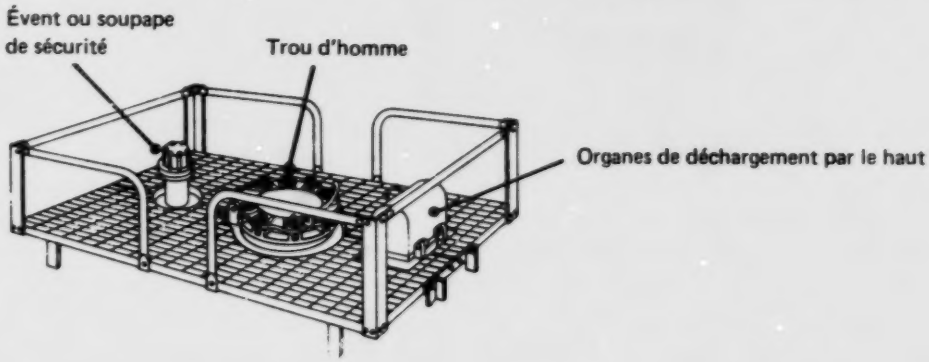
Description	Dimensions du wagon-citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression de rupture	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Distance entre les pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Orifice de remplissage/ trou d'homme	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Facultative		

Une soupape régulatrice de pression réglée à 241 kPa (35 psi) ou un évent de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi) sont exigés sur le dessus du wagon-citerne (TCM, 1979). Un indicateur de niveau du type à tige ou à ruban est facultatif. Le raccord de déchargement situé sur le dessus

(Référence – TCM, 1979; RTDCR, 1974)



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de la plate-forme de dôme

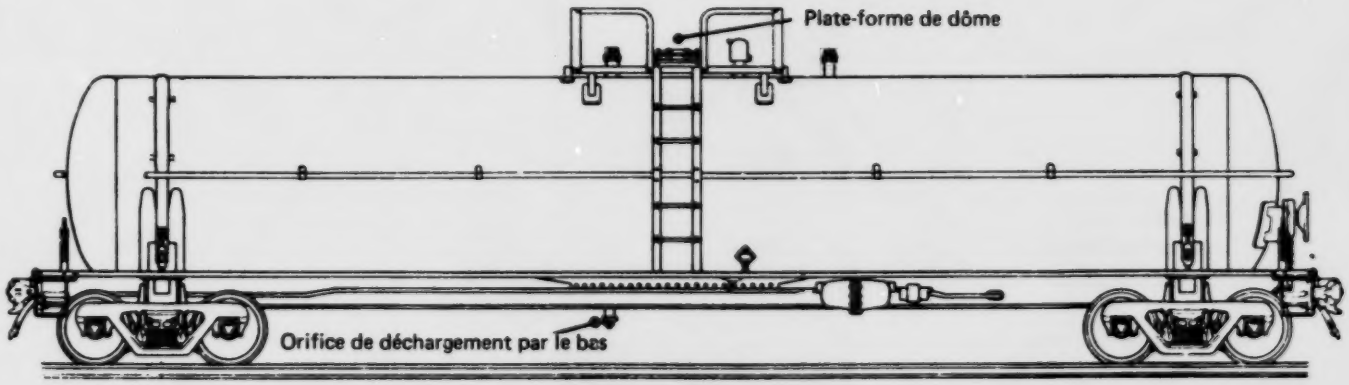
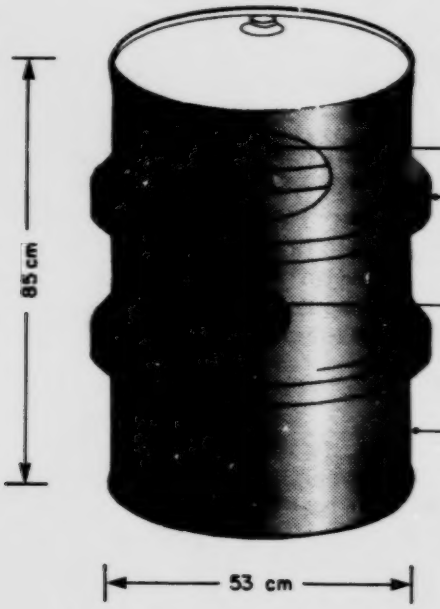


Illustration du wagon-citerne

Figure 8

TOLUÈNE — **FÛTS TYPIQUES**

Fût en monel typique



Étiquette d'identification

Joncs de roulage faits de caoutchouc naturel solide et flexible

Diamètre maximal de l'orifice 59 mm

Corps et dessus fabriqués en monel de 10 mm d'épaisseur

Contenance de 220 l

Fût en acier typique

Revêtement intérieur de plomb d'une épaisseur minimale de 2,4 mm, selon les normes de l'AIC

Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice 70 mm

Corps et dessus fabriqués en acier laminé

Contenance de 250 l

Masse maximale nette 400 kg

Fût en aluminium

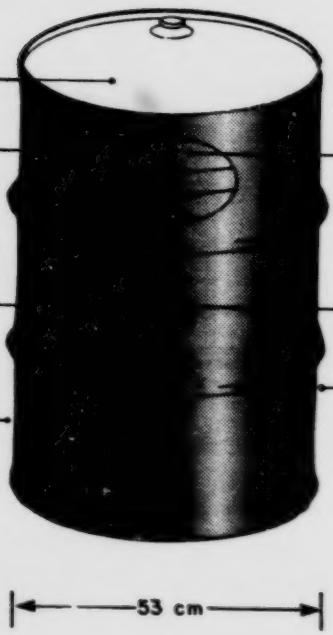
Étiquette d'identification

Diamètre maximal de l'orifice 70 mm

Corps et dessus fabriqués en aluminium pur à 99 % au moins

Contenance 250 l

Masse maximale nette 400 kg



de la citerne doit être protégé par un manchon. La pression d'air maximale permise est de 448 kPa (65 psi) dans le cas des wagons-citernes DOT 111A100W1 et de 276 kPa (40 psi) pour les wagons DOT 111A60W1 ou 111A60F1 (TCM, 1979). Le toluène n'est jamais transporté sous pression.

4.1.1.2 Véhicules-citernes routiers. – Le toluène est transporté dans des véhicules-citernes routiers équipés de citernes non pressurisées (TDGC, 1980). La pression de calcul de ces citernes n'est pas supérieure à 14 kPa (2 psi). Les citernes des véhicules routiers sont semblables à celles des wagons décrits précédemment.

L'équipement et les procédés de déchargement des wagons-citernes sont semblables à ceux des véhicules-citernes routiers et font l'objet de la section 4.2. Les citernes sont habituellement déchargées par le haut au moyen d'une pompe.

4.1.2 Transport en fûts. – En plus du transport en vrac par wagons-citernes et véhicules-citernes routiers, le toluène est aussi transporté dans des fûts. Divers matériaux peuvent servir à la fabrication des fûts, lesquels sont décrits au tableau 4 et illustrés à la figure 8.

Tableau 4
Fûts à toluène

Type de fût	Code de type	Description
Acier	1A1	Dessus non amovible, réutilisable
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés
	1A1B	1A1 avec brides de fermeture soudées
	1A1D	1A1 avec revêtement (autre que le plomb)
	1A2	Dessus amovible, réutilisable
	1A3	Dessus non amovible, non réutilisable
Monel (alliage cuivre-nickel)	TC5M	
Aluminium	1B1	Dessus non amovible
	1B2	Dessus amovible
Fûts en acier avec récipients en plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût Récipient intérieur en plastique Contenance de 225 litres
Fûts en carton avec récipients en plastique	6HG1	Extérieur en carton de fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement). Récipient en plastique en forme de fût Contenance de 225 litres

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes. – Certaines précautions doivent être prises avant de procéder au déchargement (MCA, 1956). Vérifier que le réservoir pourvu d'évent est assez grand pour recevoir tout le contenu du wagon-citerne. Si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être du type antidéflagrant. Le personnel ne doit en aucun cas pénétrer dans le wagon-citerne. Il faut serrer les freins, caler les roues, mettre

les dérailleurs en place et afficher les avertissements. Un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité doit exister au point de déchargement. Les outils employés pendant le déchargement ne doivent pas provoquer d'étincelles. Le wagon doit être mis à la terre.

Pour décharger le wagon par le haut, procéder comme suit (MCA, 1956): abaisser la tension de vapeur à l'intérieur de la citerne en refroidissant cette dernière avec de l'eau ou en libérant des vapeurs à intervalles rapprochés; retirer le manchon de protection du raccord de déchargement situé sur le dessus du wagon et raccorder la tubulure de déchargement d'un diamètre de 51 mm (2 po); décharger le wagon-citerne au moyen d'une pompe.

Lorsque le déchargement se fait par le bas, laisser le liquide s'écouler sous l'action de la pesanteur ou le pomper. Réduire la pression interne comme il est indiqué ci-dessus. Après avoir raccordé la tubulure de déchargement à l'orifice d'un diamètre de 152 mm (6 po) ou de 102 mm (4 po) situé sur la paroi inférieure de la citerne, ouvrir le robinet intérieur du bas en tournant la tige de commande située sur le dessus du wagon-citerne. Laisser la citerne se vider sous l'action de la pesanteur ou pomper le liquide.

4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications. – Les matériaux de fabrication des divers composants des organes de déchargement, de même que les spécifications relatives à ces organes, sont ceux qui sont généralement utilisés pour l'équipement de déchargement. Dans certains cas, d'autres matériaux peuvent être utilisés comme il est indiqué au tableau 5. Les composants d'un engin de déchargement typique comprennent les conduites et les raccords, les tuyaux flexibles, les soupapes, les garnitures et les pompes.

On recommande d'employer pour le toluène des conduites sans soudure, en acier au carbone ASTM A106 n^{o} 40 et des raccords doublés de résine de polypropylène (DCRG, 1978). Il faut utiliser des joints à brides soudées, de préférence aux conduites et aux raccords filetés qui ont tendance à fuir après un service de courte durée. La réduction de la contrainte au point de soudure permettra une plus longue durée de service. Les canalisations doivent faire l'objet d'un essai à l'air comprimé à des pressions d'air allant de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes les fuites seront soigneusement colmatées. S'il y a une fuite en cours de service, l'unique réparation efficace consiste soit à enlever la soudure au burin et à refaire une nouvelle soudure, soit à remplacer la section de conduite défectueuse.

La conduite de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po), puisque c'est la taille standard des raccords sur les wagons-citernes à toluène, mais le diamètre des autres conduites a peu d'importance, bien qu'on ne recommande pas les diamètres inférieurs à 25 mm (1 po). L'auto-drainage est indispensable pour toutes les conduites extérieures.

Des joints de dilatation flexibles du type à soufflet devraient être utilisés pour les sections flexibles de la tubulure de déchargement. Ils sont fabriqués en brides de fer ductile ASA et leurs parties expansibles sont en résine de tétrafluoroéthylène (DOW PPS, 1972). Certaines conduites flexibles sont constituées de raccords flexibles standard, avec utilisation de coudes à brides.

Des soupapes à membrane en fonte ou en acier coulé avec revêtement intérieur de polyéther chloré ou de chlorure de polyvinylidène donneront un service adéquat (DOW PPS, 1972). Seuls les joints en viton devraient être utilisés dans les plages normales de température (DOW PPS, 1972).

Une pompe aspirante centrifuge à entraînement magnétique sans joint, dont l'extrémité d'admission est en acier inoxydable donne de bons résultats, tout comme une pompe en fer. Avec ce type de pompe, les fuites sont pratiquement éliminées. Il faut prévoir un moyen de purger la pompe afin que les réparations puissent être faites en toute sécurité. La pompe doit être munie de brides aux deux extrémités; il est préférable d'éviter les raccords filetés qui sont sujets aux fuites.

4.3 Compatibilité entre le toluène et certains matériaux de fabrication

La compatibilité du toluène et de certains matériaux de fabrication est indiquée au tableau 5. Le mode d'évaluation utilisé au tableau 5 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé:	Le matériau donnera satisfaction avec l'application indiquée.
Avec réserves:	Le matériau montrera des signes de détérioration avec l'application indiquée. Il est approprié dans le cas d'une utilisation intermittente ou de courte durée.
Déconseillé:	L'application indiquée causera une détérioration rapide du matériau. Il ne devrait jamais être utilisé.

Tableau 5
Compatibilité entre le toluène et certains matériaux de construction

Application	Produit chimique		Matériaux de fabrication		
	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords	98 à 100 %	23	Acier au carbone garni de résine de polypropylène (DCRG, 1978)		Polyéthylène, acrylonitrile butadiène styrène, chlorure de polyvinyle de qualité I ou II (DPPED, 1967)
		24	Polyéther chloré, polyprolylène, chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
		93	Fluorure de polyvinylidène (DCRG, 1978)		
2. Soupapes	100 %	21 – 100	Acier inoxydable 316 (JSSV, 1979)		
3. Pompes	100 %	38	Esther de vinyle renforcé avec joints toriques en caoutchouc fluoré (viton) Raccords en bronze Tout en fer (HIS, 1969)		
4. Autres	Qualité technique	20	Polypropylène Polyoxyméthylène (GFPS)	Acrylonitrile/ butadiène* (nitrile, Buna N) (GFPS)	Chlorure de polyvinyle, polyéthylène, caoutchouc naturel, isobutylène/isoprène, caoutchouc d'éthylène-propylène, polychloroprène, caoutchouc fluoré, polyéthylène chlorosulfoné (GFPS)
	98 à 100 %	22			Chlorure de polyvinyle, chlorure de polyvinyle chloré (TPS, 1978)
		23		Polypropylène (TPS, 1978)	
		49			Polypropylène (TPS, 1978)
		66	Fluorure de polyvinylidène (TPS, 1978)		
					Caoutchouc naturel, styrène/butadiène, polychloroprène, acrylonitrile/ butadiène, isobutylène/ isoprène, polyéthylène chlorosulfoné, silicone, caoutchouc d'éthylène-propylène (GPP)

* Ce matériau a reçu une cote inférieure dans une autre référence.

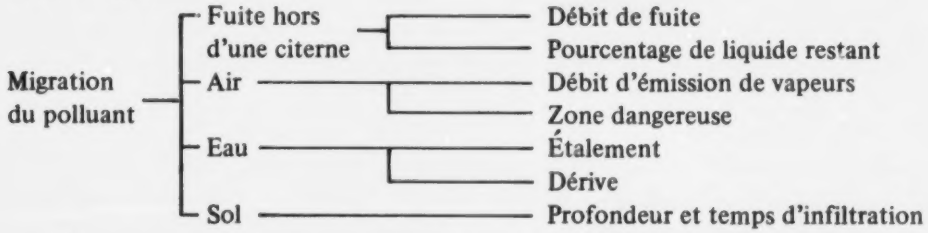
5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le toluène est un liquide relativement peu volatil. Déversé dans l'environnement, il forme une nappe liquide qui s'étale à la surface de l'eau et du sol dans lequel il s'infiltre et est retenu par adsorption, tandis que des vapeurs sont émises dans l'atmosphère par évaporation.

Sur l'eau, la nappe a tendance à s'étaler. Comme le produit est très peu soluble dans l'eau et moins dense que celle-ci, seule une très petite quantité se dissout, le reste s'évaporant dans l'atmosphère jusqu'à ce que la nappe soit éliminée. Sur le sol, le toluène s'infiltre à une vitesse qui varie selon le type de sol et son degré de saturation en eau. De sérieux problèmes de contamination se posent lorsque le liquide atteint la nappe phréatique.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration de toluène dans l'air, l'eau ou le sol:



À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations de paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu. Cette méthode permettra donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Nomogrammes des fuites

5.2.1 Introduction. – Le toluène est ordinairement transporté par wagon-citerne, à la pression atmosphérique. Les modèles de wagons-citernes varient beaucoup, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de fuite et comparer les comportements des différents produits chimiques. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m et il peut contenir 80 000 l. S'il y a rupture dans le bas de la citerne remplie de toluène, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant encore dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et comme le toluène est peu volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé sur le dessus de la citerne.

Dans le cas d'un orifice situé dans le bas d'une citerne, le débit de sortie, en l'occurrence le débit de fuite, se calcule par la méthode dite des orifices, qui consiste en une formule corrigée de Torricelli. Le débit de fuite (q), qui est un débit-volume (q_v), est fonction de la surface de la section (s) et de la forme de l'orifice, de la hauteur (h) de liquide au-dessus de l'orifice et du coefficient de débit (Cq).

Comme les forces de pesanteur sont souvent supérieures à celles qui s'y opposent, dont la viscosité, le coefficient de débit est relativement indépendant de la température et de la viscosité

du liquide. Dans le cas du toluène, le coefficient de débit est vraisemblablement constant pour un large éventail de températures et de viscosités. Pour préparer les nomogrammes, on a supposé un coefficient de débit de 0,8.

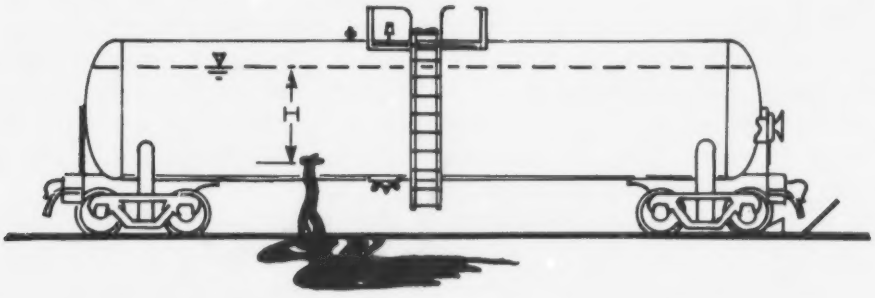


FIGURE 9 **RUPTURE DE LA PAROI INFÉRIEURE D'UN WAGON-CITERNE**

5.2.2 Nomogrammes

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. – La figure 10 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont équivalents à des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type a 2,75 mètres de diamètre et 13,4 mètres de longueur, qu'il contient 80 000 l de toluène et qu'il est plein au moment du bris. Le volume de liquide restant, après un temps d'écoulement donné (t), n'est pas seulement fonction du débit mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps d'écoulement. – La figure 11 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps d'écoulement donné (t), en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli de toluène. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm. Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir figure 10): Si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir figure 11) si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané (q) = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. – Comme le toluène est peu volatil, un dégagement de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger notable du côté sous le vent. Il ne sera question que des vapeurs se dégageant d'une nappe de toluène étalée sur l'eau ou répandue sur le sol.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et délimiter la zone dangereuse sur les plans de l'inflammabilité ou de la toxicité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le Manuel d'introduction Enviroguide).

La figure 12 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion considère l'aire source, soit la nappe de liquide, comme un point source virtuel situé du côté au vent à une distance de dix fois le rayon équivalent de la nappe. Le modèle suppose que le point source a le même débit (q) d'émission de vapeurs que l'aire source.

5.3.2 Nomogrammes de diffusion du panache de vapeurs. – Les nomogrammes de diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur les plans de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux indiqués ci-dessous sont présentés dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés, comme le lecteur pourra s'en rendre compte dans les pages qui suivent.

Figure 14	Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide de toluène, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe
Tableau 6	Conditions météorologiques
Figure 15	Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent et pour différentes conditions météorologiques
Tableau 7	Demi-largeurs maximales du panache dangereux
Figure 18	Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement et pour différentes vitesses de vent

La figure 13 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé et au rayon équivalent de la nappe figurent aux sections 5.2 et 5.4 respectivement). Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe et de la température (figure 14). – Le Manuel d'introduction Enviroguide fournit des équations sur le taux d'évaporation permettant de calculer le taux d'évaporation propre au toluène. À une température de 20 °C et sous un vent de 4,5 m/s (16,1 km/h), ce taux est de 0,54 $g/m^2 \cdot s$. D'autres taux ont été calculés à l'aide d'une équation qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la pression de vapeur du toluène (Chem. Eng., 1975) à cette température. Ainsi, pour un vent de 4,5 m/s, le taux d'évaporation est de 0,217 $g/m^2 \cdot s$ à 0 °C, alors qu'il est de 1,08 $g/m^2 \cdot s$ à 30 °C.

À l'aide de la figure 21, on peut calculer le rayon maximal de la nappe selon le volume de toluène déversé. Le rayon et le taux d'évaporation ainsi calculés permettent d'établir sur la

Figure 10

TOLUÈNE — POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT/TEMPS D'ÉCOULEMENT

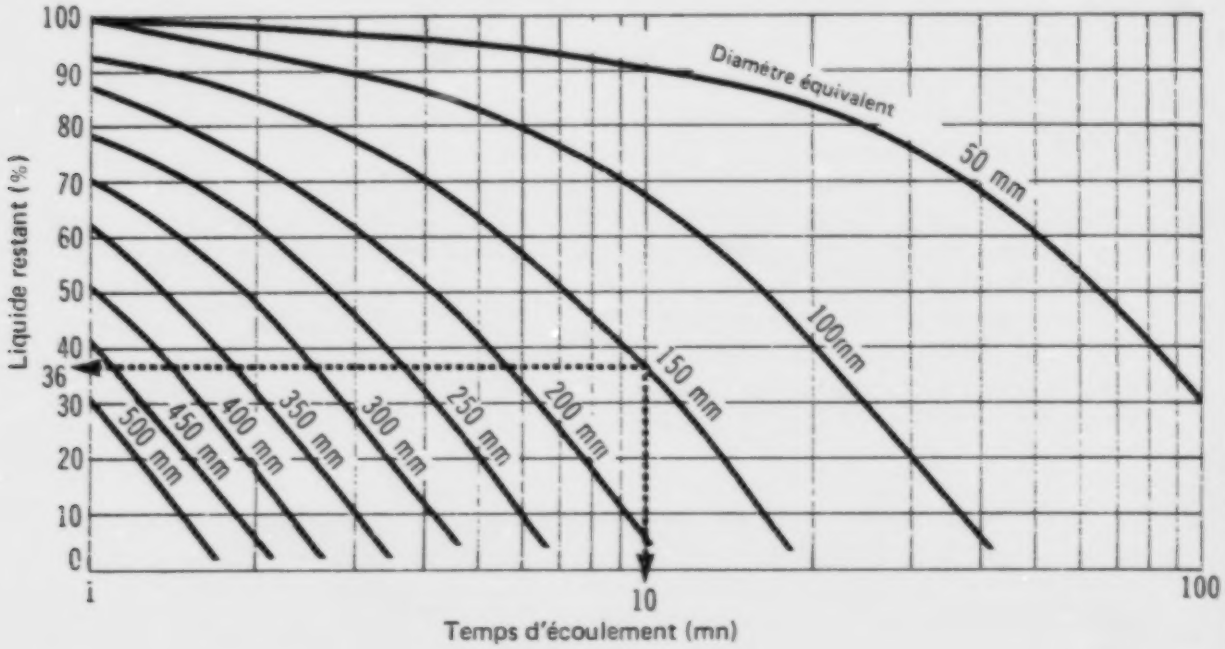


Figure 11

TOLUÈNE — DÉBIT DE FUITE/TEMPS D'ÉCOULEMENT

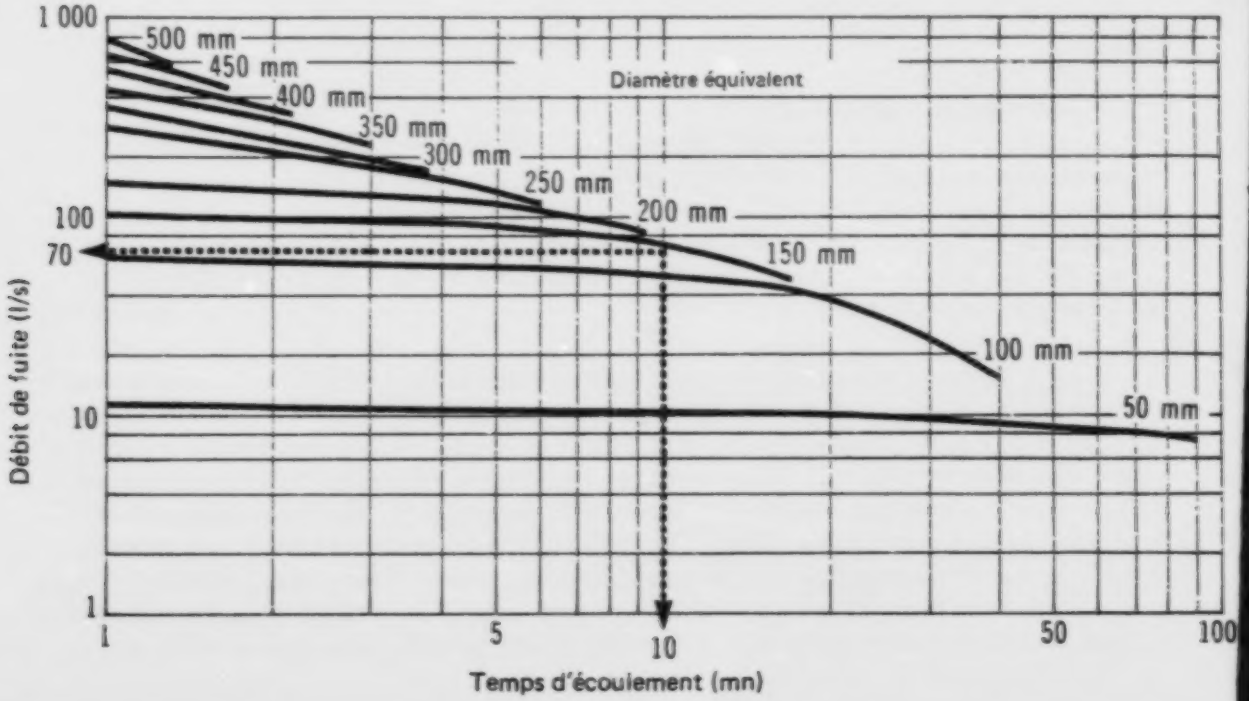


Figure 12

TOLUÈNE **FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS**

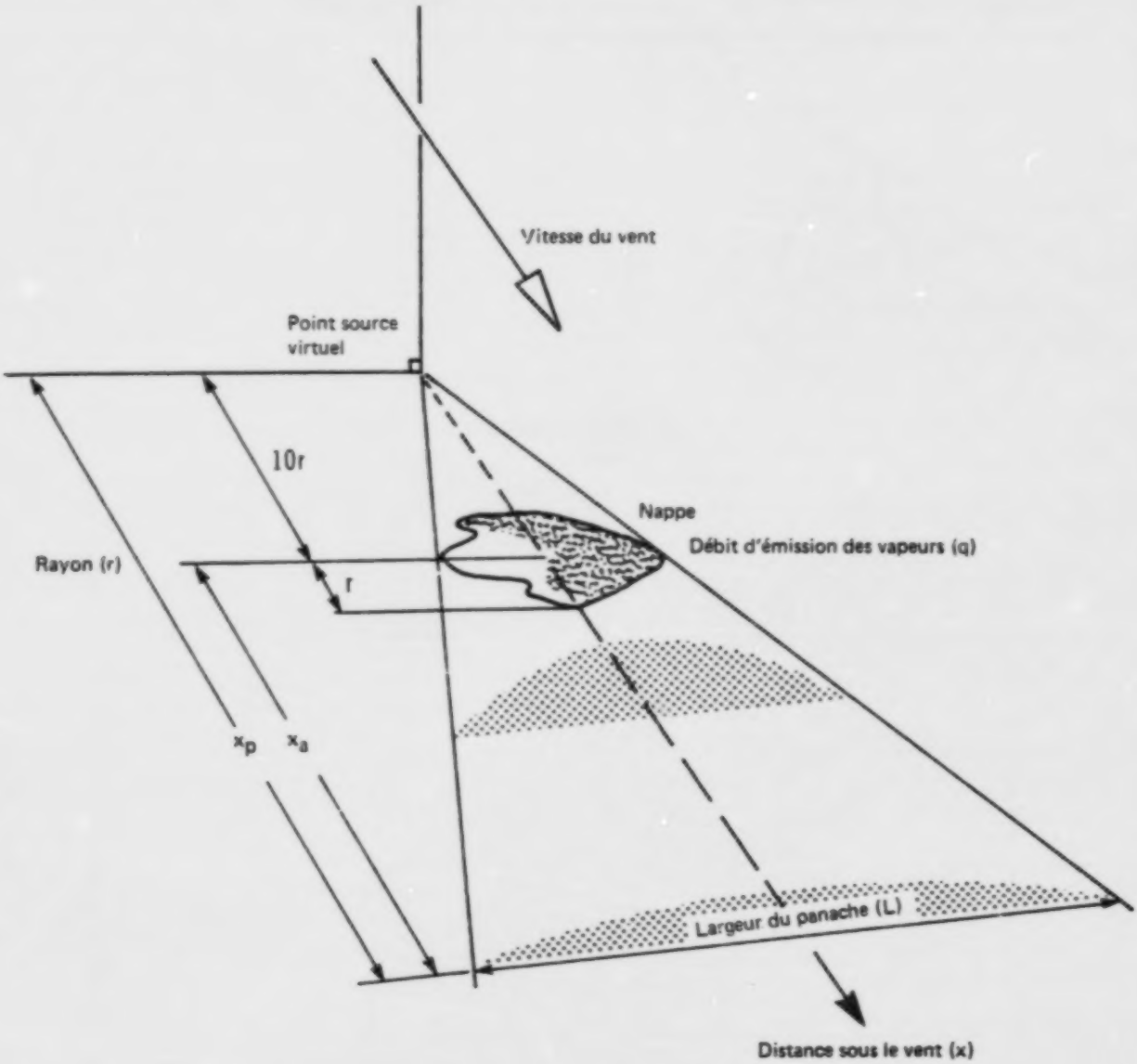


Figure 13

TOLUÈNE — **ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE**

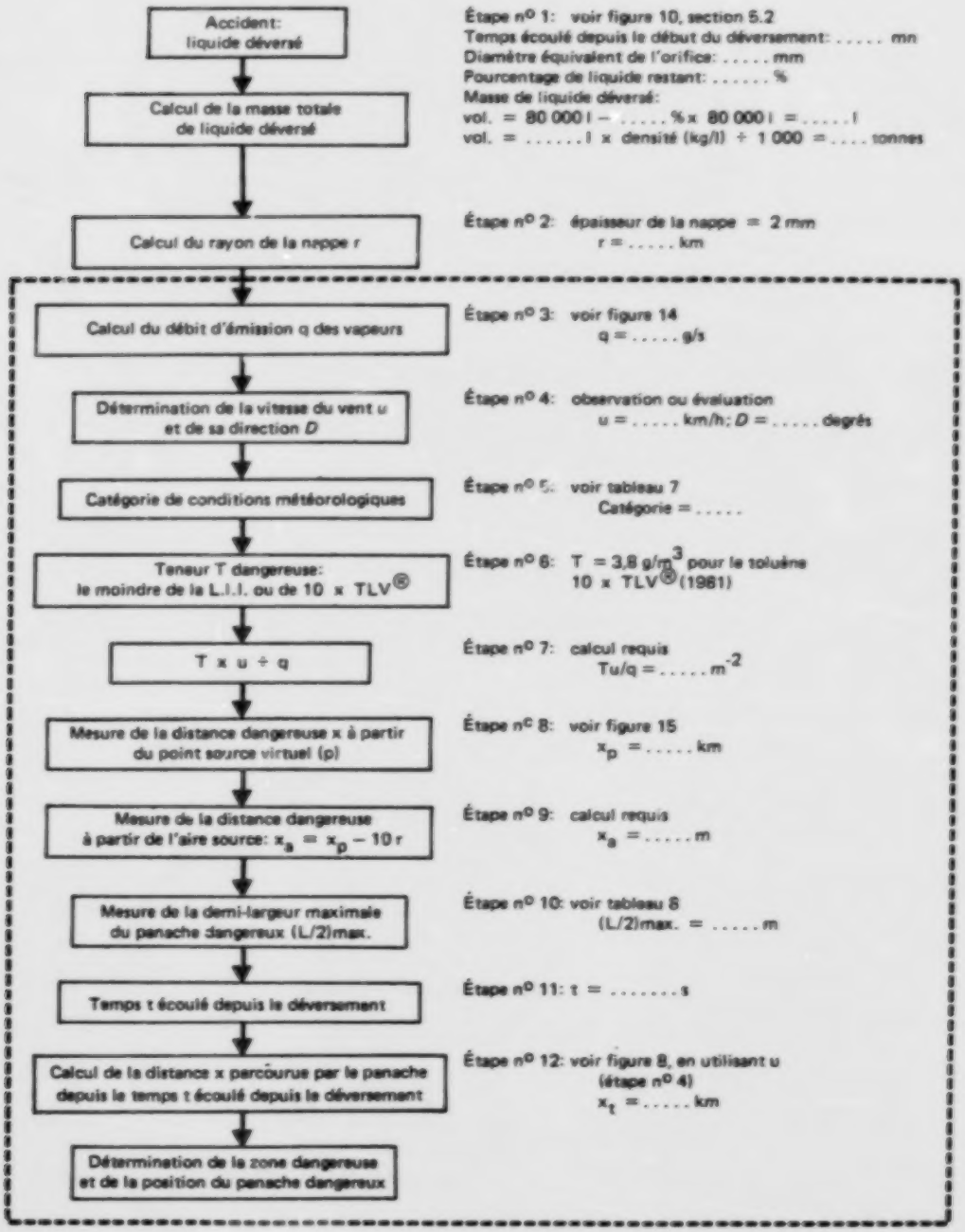
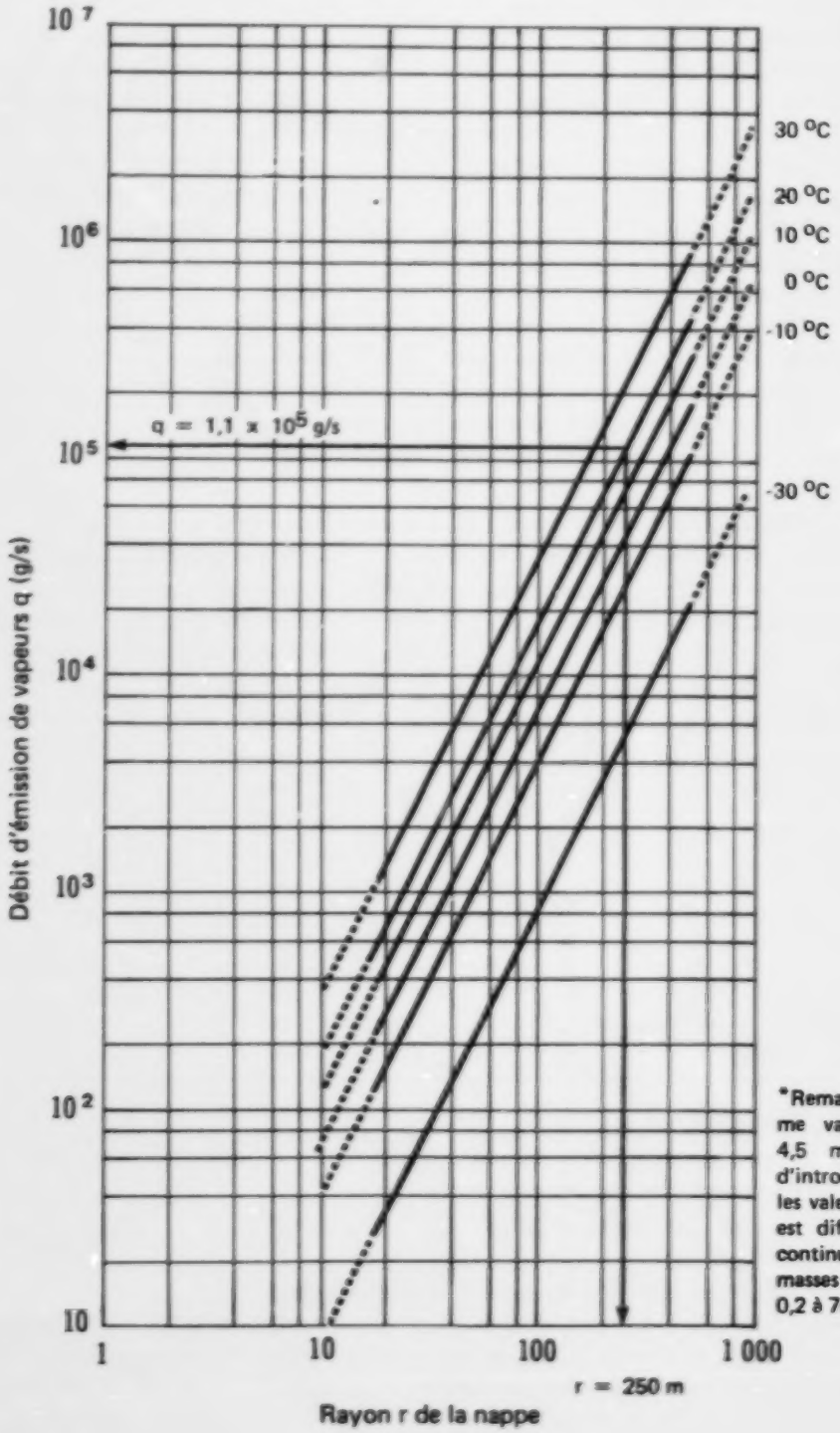


Figure 14

TOLUÈNE

DÉBIT D'ÉMISSION DE VAPEURS À DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES*, EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



*Remarque. – Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le Manuel d'introduction pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des masses de liquide déversé de 0,2 à 70 tonnes.

figure 14 le nomogramme sur la relation entre le rayon de la nappe et le débit d'émission de vapeurs à différentes températures.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de toluène de rayon connu, le débit (q) d'émission de vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée, peut être évalué à l'aide de la figure 14. Les segments continus des droites représentent des masses de liquide déversé allant de 0,1 à 70 tonnes correspondant à peu près au volume type de 80 000 l contenu dans un wagon-citerne. Le lecteur notera que la figure 14 vaut pour une vitesse du vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse du vent. En revanche, le Manuel d'introduction Enviroguide fournit l'équation qui permet d'établir le taux d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir du taux pour une vitesse de 4,5 m/s.

Le calcul du taux d'évaporation est basé sur le rayon d'une nappe à la surface d'un plan d'eau calme (tableau VI, CHRIS, 1974). Comme un plan d'eau calme correspond à une surface plane, non confinée, ce qui est sûrement le cas lorsqu'il y a un déversement sur terre (sol poreux et irrégulier), on obtient un rayon maximal, donc des valeurs maximales. Si l'algorithme propre à un plan d'eau calme est appliqué à un déversement sur terre, le rayon sera plus grand qu'en réalité et les valeurs obtenues seront celles qui s'appliquent à des cas extrêmes.

5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. – La figure 15 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories D et F de conditions météorologiques. Le nomogramme a été établi à l'aide des modèles de diffusion décrits dans le Manuel d'introduction Enviroguide. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée (Tu/q) au niveau du sol ($z = 0$) le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 6) avant d'utiliser la figure 15.

Tableau 6
Deux catégories de conditions météorologiques

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (~ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température	Valable pour toutes les autres conditions

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent (x) peut être déterminée à l'aide de la figure 15, si l'on possède les données suivantes:

- débit (q) d'émission des vapeurs, en g/s;
- vitesse du vent, u (m/s);
- catégorie de conditions météorologiques;
- teneur dangereuse limite (T) qui correspond à la valeur la moindre entre 10 fois la *Threshold Limit Value*® (en g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (en g/m^3), sauf s'il s'agit de vapeurs ininflammables, auquel cas il faut opter pour 10 x TLV®. À noter que pour convertir en g/m^3 la TLV® exprimée en ppm et la L.I.I. exprimée en pourcentage en volume, il faut utiliser les figures 16 et 17.

Figure 15

TOLUÈNE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT

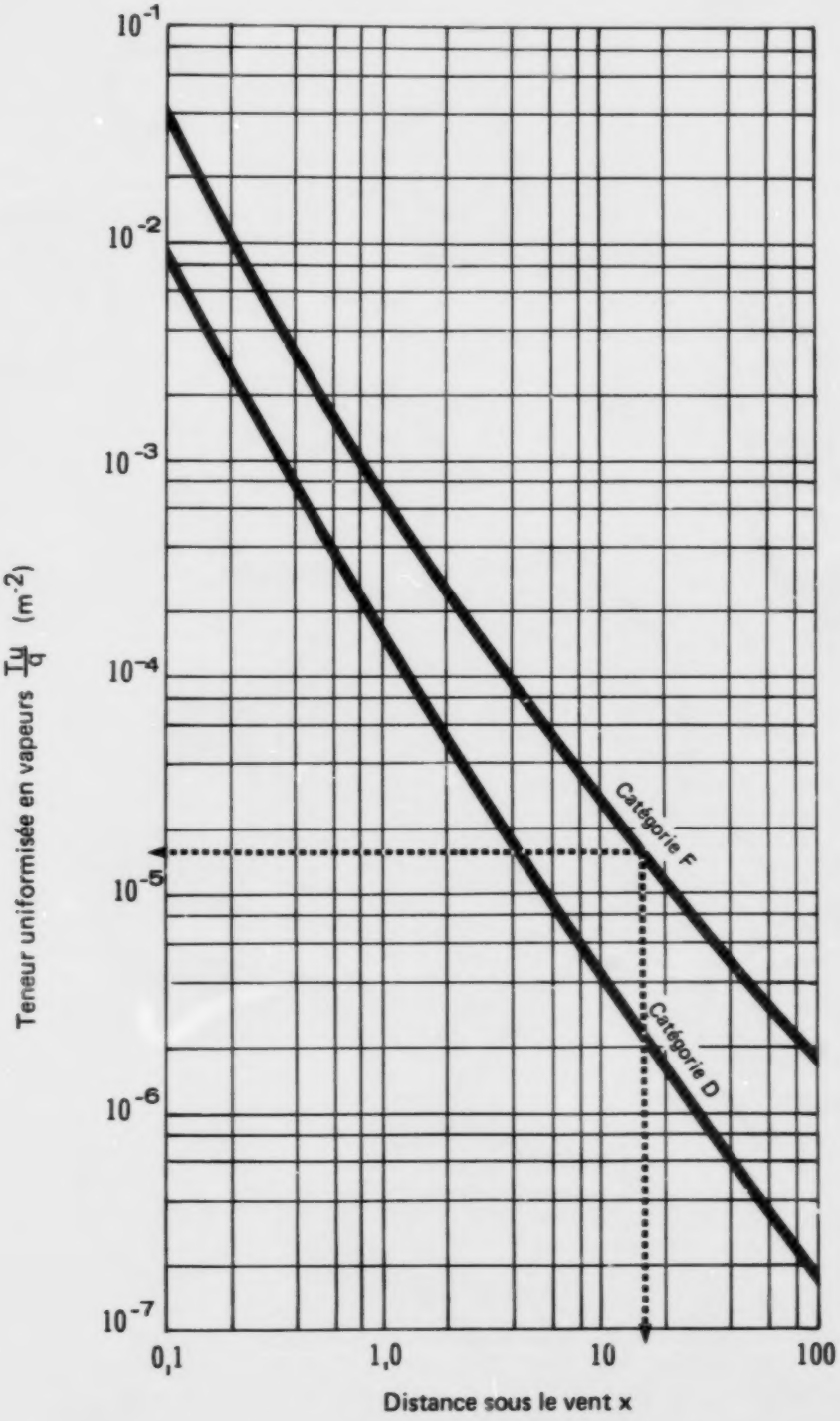
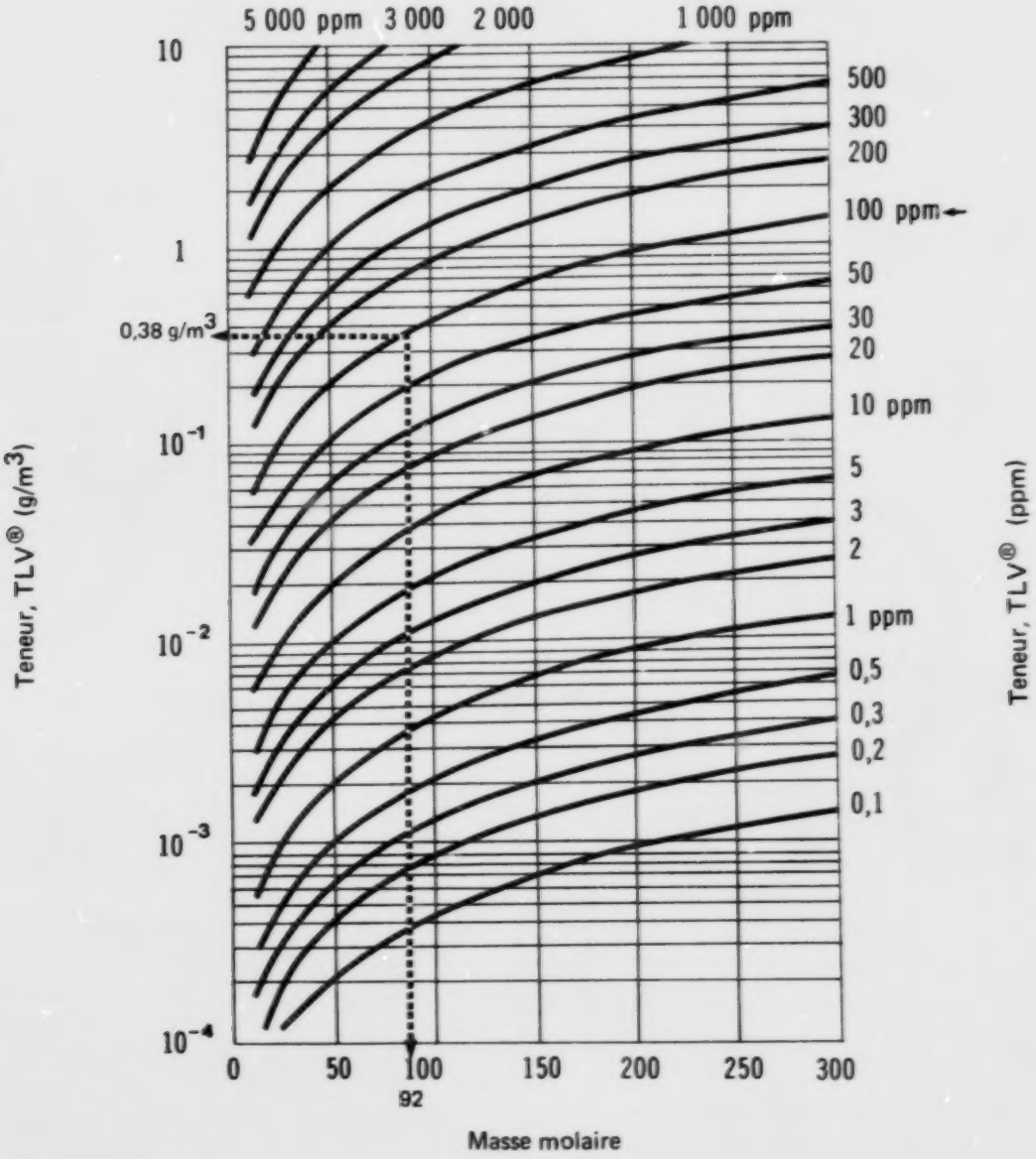


Figure 16

TOLUÈNE

CONVERSION DE LA TLV® (ppm à g/m³)

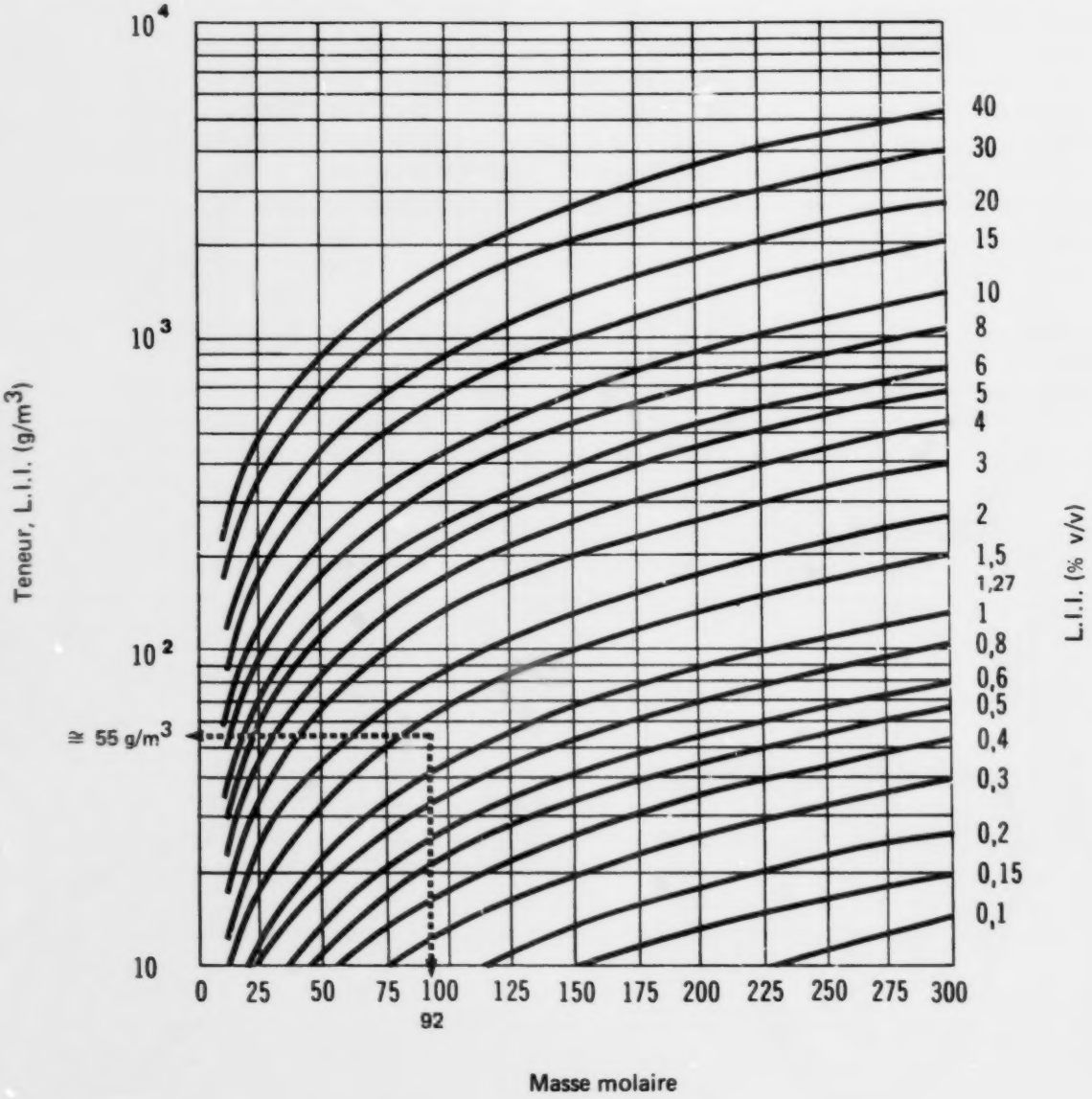


Exemple: MM du toluène = 92 TLV® = 100 ppm, alors TLV® en g/m³ ≅ 0,38

Note: Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de 101,3 kPa

Figure 17

TOLUÈNE **CONVERSION DE LA L.I.I. (% de volume à g/m^3)**



Exemple: MM de toluène = 92, L.I.I. = 1,27 % , alors L.I.I. en g/m^3 ≅ 55
Note: Ces données valent pour une temp. de 25 °C et une pression de 101,3 kPa

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV®, a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite «relativement réaliste» au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV® est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

5.3.2.3 **Demi-largeurs maximales du panache dangereux**. – Le tableau 7 présente des valeurs de la demi-largeur maximale du panache (L/2)max. pour une plage de valeurs q/u en fonction des conditions météorologiques D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion fournis par le Manuel d'introduction Enviroguide, en supposant une teneur dangereuse limite (ce qu'on appelle communément une teneur maximale admissible) égale à 10 fois la TLV® attribuée au toluène (soit 10 x 0,38 g/m^3 = 3,8 g/m^3). La demi-largeur maximale du panache

Tableau 7
Demi-largeurs maximales du panache dangereux pour le toluène à 20 °C

Conditions météorologiques D			Conditions météorologiques F		
q/u (g/m)	(L/2)max. (m)		q/u (g/m)	(L/2)max. (m)	
25 000 000	3 300	(x_p < 99,5)	2 250 000	1 420	(x_p < 99,5)
22 500 000	3 090		2 000 000	1 300	
20 000 000	2 870		1 500 000	1 050	
15 000 000	2 405		1 000 000	775	
12 500 000	2 150		750 000	625	
10 000 000	1 870		500 000	460	
7 500 000	1 570		300 000	320	
5 000 000	1 220		250 000	285	
2 250 000	745		200 000	250	
2 000 000	690		150 000	205	
1 500 000	580		100 000	160	
1 000 000	465		75 000	135	
750 000	390	q/u = 52 380 ⟶	50 000	100	⟶ (L/2)max. = 110 m
500 000	310		25 000	65	
300 000	230		10 000	40	
250 000	205		5 000	25	
200 000	180		2 500	20	
150 000	150		1 000	10	
100 000	120				
75 000	100				
50 000	80				
25 000	55				
10 000	35				
5 000	20				
1 000	10				

Note. – Les données ci-dessus ne valent que pour une teneur de 3,8 g/m^3.
Exemple. – Pour un débit d'émission q = 1,1 x 10^5, une vitesse du vent u = 2,1 m/s et des conditions météorologiques de catégorie F, q/u = 52 380 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale du panache dangereux (L/2)max. de 110 m.

dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs de toluène, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur égale à 10 x TLV®. Le tableau 7 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 3,8 g/m^3.

Dans les conditions météorologiques de catégorie D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 30 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 30 000 à 25 000 000 g/s, il correspond à un éventail de quantités déversées comprises entre 5 et 10 000 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait une masse de 69 400 kg. Le tableau 7, pour la catégorie D, fournit des valeurs calculées en fonction de masses jusqu'à 58 fois plus considérables.

Dans les conditions météorologiques de catégorie F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 3 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission (q) utilisé, qui va de 3 000 à 2 225 000 g/s, il correspond à un éventail de quantités déversées comprises entre 0,5 et 400 tonnes. Le tableau 7, pour la catégorie F, fournit des valeurs calculées en fonction de masses jusqu'à 6 fois supérieures au contenu d'un wagon-citerne standard.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et u et en fonction d'une catégorie donnée de conditions météorologiques, calculez q/u. Choisissez la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante en mètres. Si vous désirez un résultat un peu plus précis, déterminer par interpolation les valeurs q/u et (L/2)max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 7.)

5.3.2.4 Distance parcourue par le panache, en fonction du temps écoulé. – La figure 18 indique la distance (x) parcourue par le panache après un temps (t) de déplacement, pour une vitesse de vent (u) donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse du vent (u) et le temps (t) de déplacement du panache étant connus, on peut obtenir la distance (x) parcourue du côté sous le vent.

5.3.3 Étapes du calcul. – L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites dans le présent guide ou dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les estimations fournies ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple en ce qui concerne le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes de toluène ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminez la zone de vapeurs dangereuses.

ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse (*m*) déversée est de 20 tonnes.

Étape 2 Calculer le rayon (r) de la nappe. Utiliser le rayon mesuré, si cela est possible. Sinon utiliser le rayon maximal donné à la figure 21 de la section 5.4. Noter que cette valeur s'applique à une nappe sur l'eau et représente un rayon plus grand que celui d'une nappe sur le sol.

Le rayon (r) = 250 m ou 0,25 km.

Étape 3 Calculer le débit d'émission (q) à temp. = 20 °C.

Selon la figure 14, r = 250 m et temp. = 20 °C; q = 1,1 x 10^5 g/s.

Étape 4 Déterminer la vitesse du vent (u) et sa direction (*D*).

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain.

Ici: $u = 7{,}5$ km/h; $u = 7{,}5 \div 3{,}6 = 2{,}1$ m/s

D = N.-O. ou 315° (direction d'où souffle le vent).

Étape 5 Déterminer la catégorie appropriée de conditions météorologiques.

Le tableau 6 permet de déterminer qu'il s'agit de la catégorie F, puisque $u < 11$ km/h et que le déversement se produit au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur (T) dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre 10 x TLV® et la limite inférieure d'inflammabilité, soit $T = 3{,}8$ g/m^3

(TLV® = 0,38 g/m^3; L.I.I. = 55 g/m^3)

Étape 7 Calculer Tu/q.

$$Tu/q = \frac{3{,}8 \times 2{,}1}{1{,}1 \times 10^5} = 7{,}25 \times 10^{-5} \cdot m^{-2}$$

Étape 8 Calculer la distance dangereuse maximale (x) du côté sous le vent à partir du point source (p) virtuel.

Voir figure 15. Pour une catégorie F de conditions météorologiques,

si $Tu/q = 7{,}25 \times 10^{-5} \cdot m^{-2}$, $x_p = 5{,}0$ km.

Étape 9 Calculer la distance dangereuse (x) du côté sous le vent à partir de l'aire source (a).

Comme

$x_p = 5{,}0$ km et $r = 0{,}25$ km, $x_a = x_p - 10\,r = 5{,}0\,\text{km} - 10\,(0{,}25\ \text{km}) = 2{,}5$ km

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale $(L/2)_{max.}$ du panache dangereux.

Voir tableau 7. Comme $q = 1{,}1 \times 10^5$ g/s et $u = 2{,}1$ m/s,

$$q/u = \frac{1{,}1 \times 10^5}{2{,}1} = 52\,380 \text{ g/m}$$

Pour la catégorie F de conditions météorologiques, la valeur de q/u la plus proche se situe entre 50 000 et 75 000 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale de 110 m.

Étape 11 Déterminer le temps (t) écoulé depuis le début du déversement.

$t = 5\text{ mn} \times 60 = 300$ s

Étape 12 Calculer la distance sous le vent (x) parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 18. Comme $t = 300$ s et $u = 7{,}5$ km/h,

$x_t = 0{,}6$ km (plus précisément: $ut = 2{,}1$ m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Former un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (110 m), alors que les deux autres côtés mesurent l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 2,5 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 19).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315° ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 20.

Note. – Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, le panache a franchi seulement 0,63 km. Sous un vent de 7,5 km/h il s'écoulerait encore 15 minutes avant que le panache ne franchisse la distance maximale dangereuse sous le vent, soit 2,5 km.

Figure 18

TOLUÈNE

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

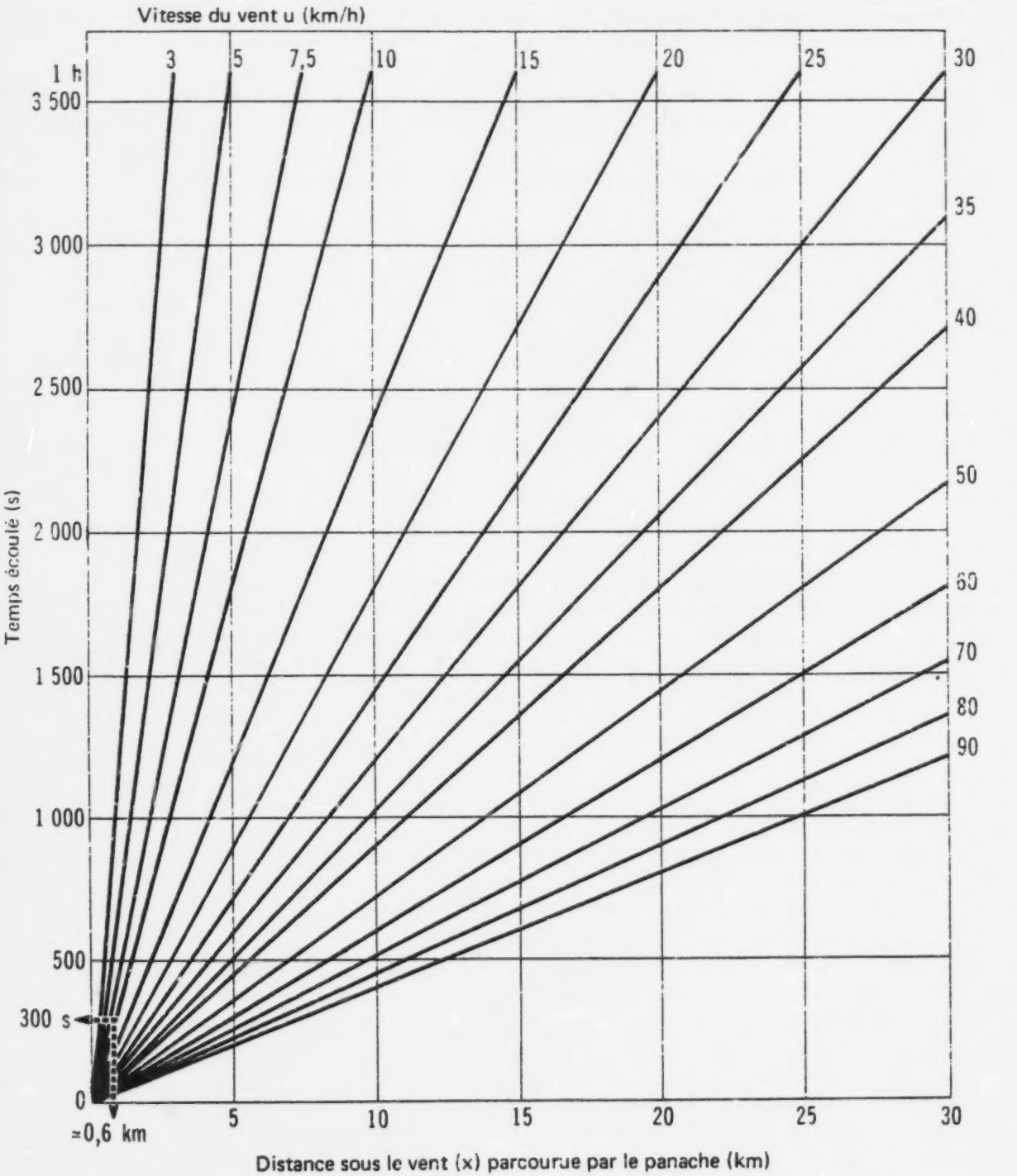


Figure 19

TOLUÈNE

ZONE DANGEREUSE EN CAS DE VENTS INVARIABLES
EXEMPLE DE PROBLÈME

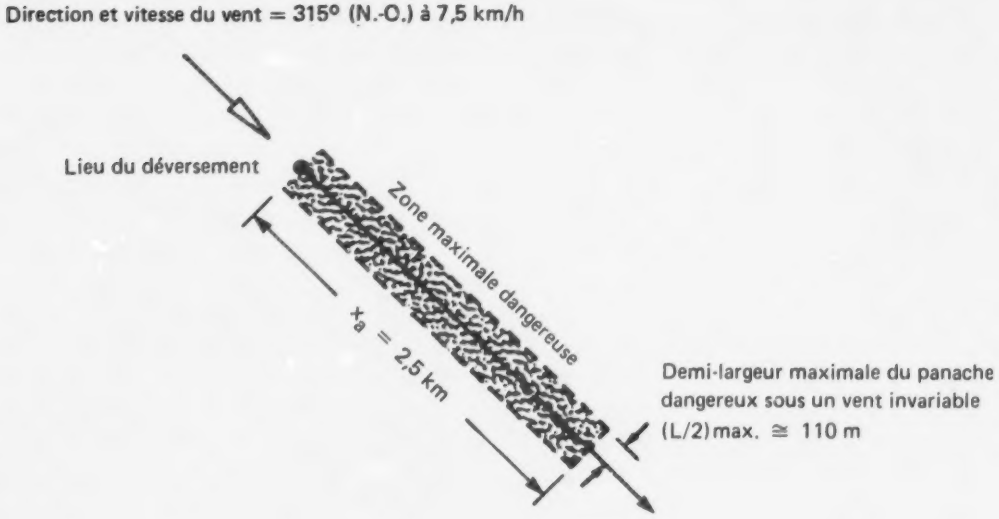
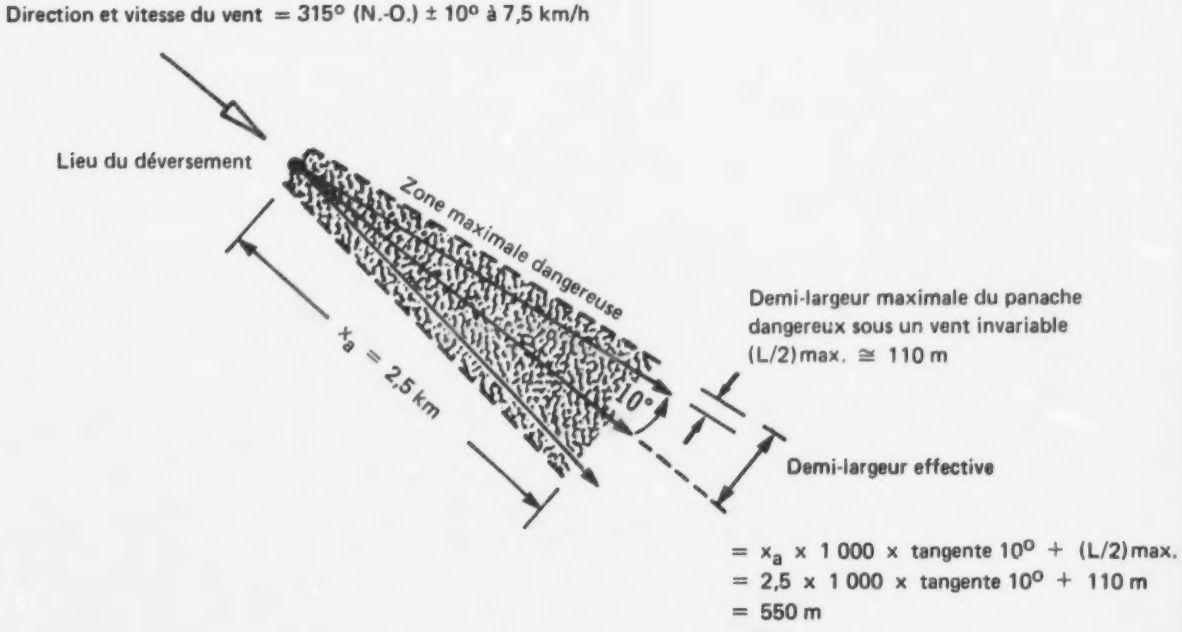


Figure 20

TOLUÈNE

ZONE DANGEREUSE EN CAS DE VENTS VARIABLES
EXEMPLE DE PROBLÈME

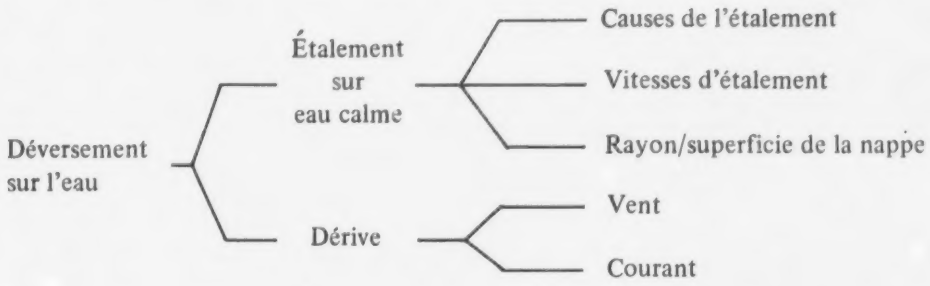


5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. – La vitesse à laquelle le produit s'étale sur l'eau est basée sur l'équilibre entre les forces ayant tendance à étaler le liquide (gravité et tension superficielle) et celles qui ont tendance à résister à l'étalement (inertie et viscosité).

En plus d'avoir tendance à s'étaler, la nappe dérivera dans la même direction et à la même vitesse que l'eau de surface. La direction et la vitesse de l'eau à la surface sont conditionnées par la force du courant et celle du vent.

Voici les facteurs dont il a été tenu compte pour établir les nomogrammes:



5.4.2 Nomogrammes. – Les nomogrammes suivants simplifient les calculs.

Figure 21 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée) pour divers volumes déversés; rayon maximal du déversement indiqué

Figure 22 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon équivalent de la nappe (eau calme, confinée) correspondant à certaines largeurs de cours d'eau

Figure 23 Distance de dérive en fonction du temps pour différentes vitesses d'eau de surface

Figure 24 Addition vectorielle de la vitesse du courant de surface et de celle du vent

5.4.2.1 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, non confinée). – La figure 21 permet de calculer le rayon et l'aire d'une nappe non confinée de toluène provenant du déversement d'une masse connue, à un moment précis après l'accident. Les équations correspondant à l'étalement d'une nappe sur l'eau sont présentées dans le Manuel d'introduction. Selon une critique du modèle d'étalement (Eisenburg, 1975), ces équations sont valides dans le cas où la viscosité du liquide répandu est supérieure ou égale à 0,2 fois la viscosité de l'eau.

Dans le cas présent, on a supposé que la température eau/nappe était de 20 °C, maximum vraisemblable dans le cas de l'eau de surface. On maximise ainsi la taille de la nappe, quel que soit le moment choisi. Si le rayon indiqué est supérieur au rayon maximal théorique de la nappe, on se sert de ce dernier.

5.4.2.2 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, confinée). – Si la distance entre les rives du plan d'eau est inférieure au diamètre maximal théorique de la nappe, cette dernière est confinée. On peut alors calculer la longueur approximative de la zone touchée (figure 22) à partir du rayon de la nappe (figure 21), si l'on connaît la largeur (L) du cours d'eau.

Figure 21

TOLUÈNE

RAYON DE LA NAPPE, EN FONCTION DU TEMPS
(EAU CALME, NON CONFINÉE)

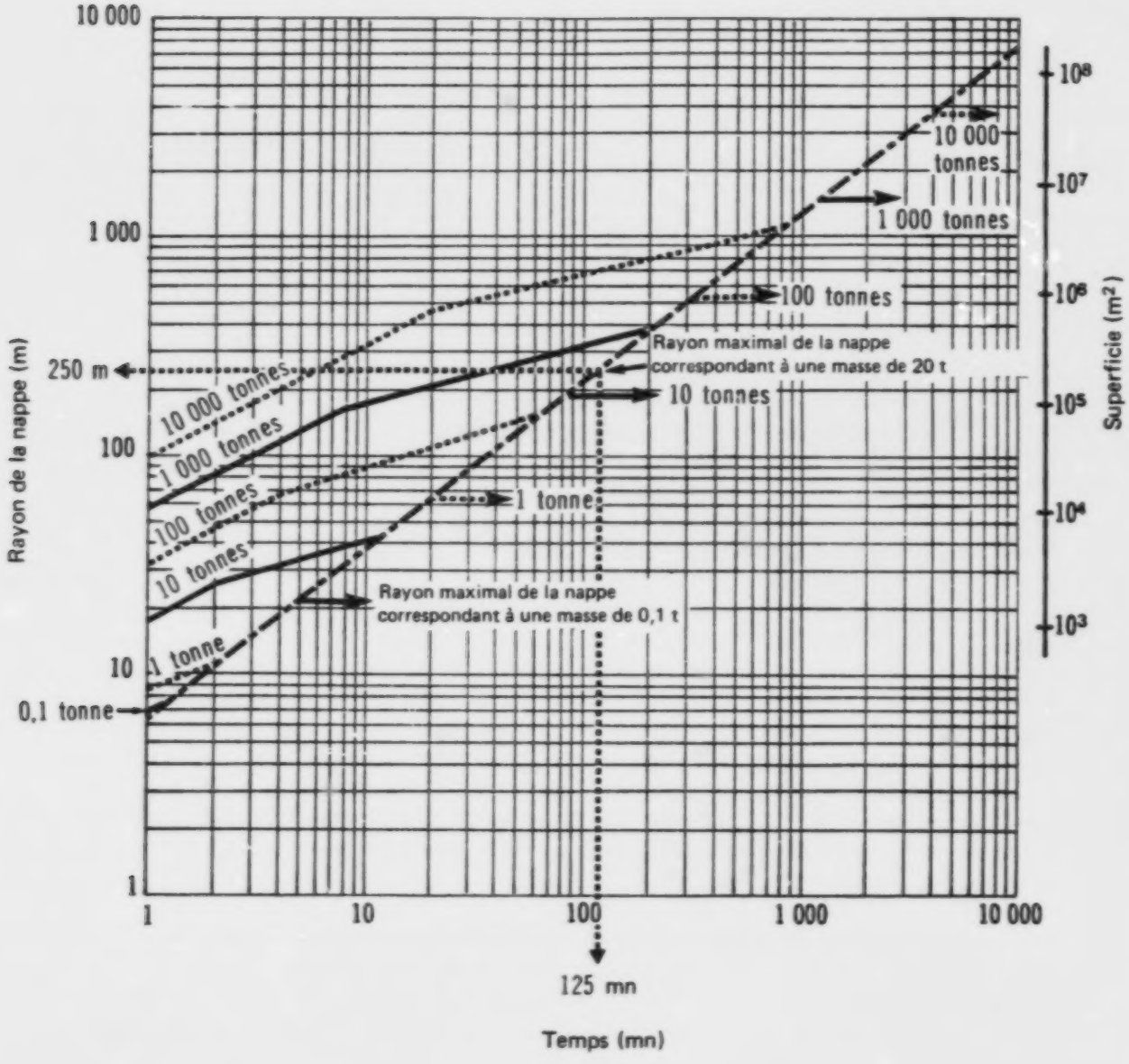
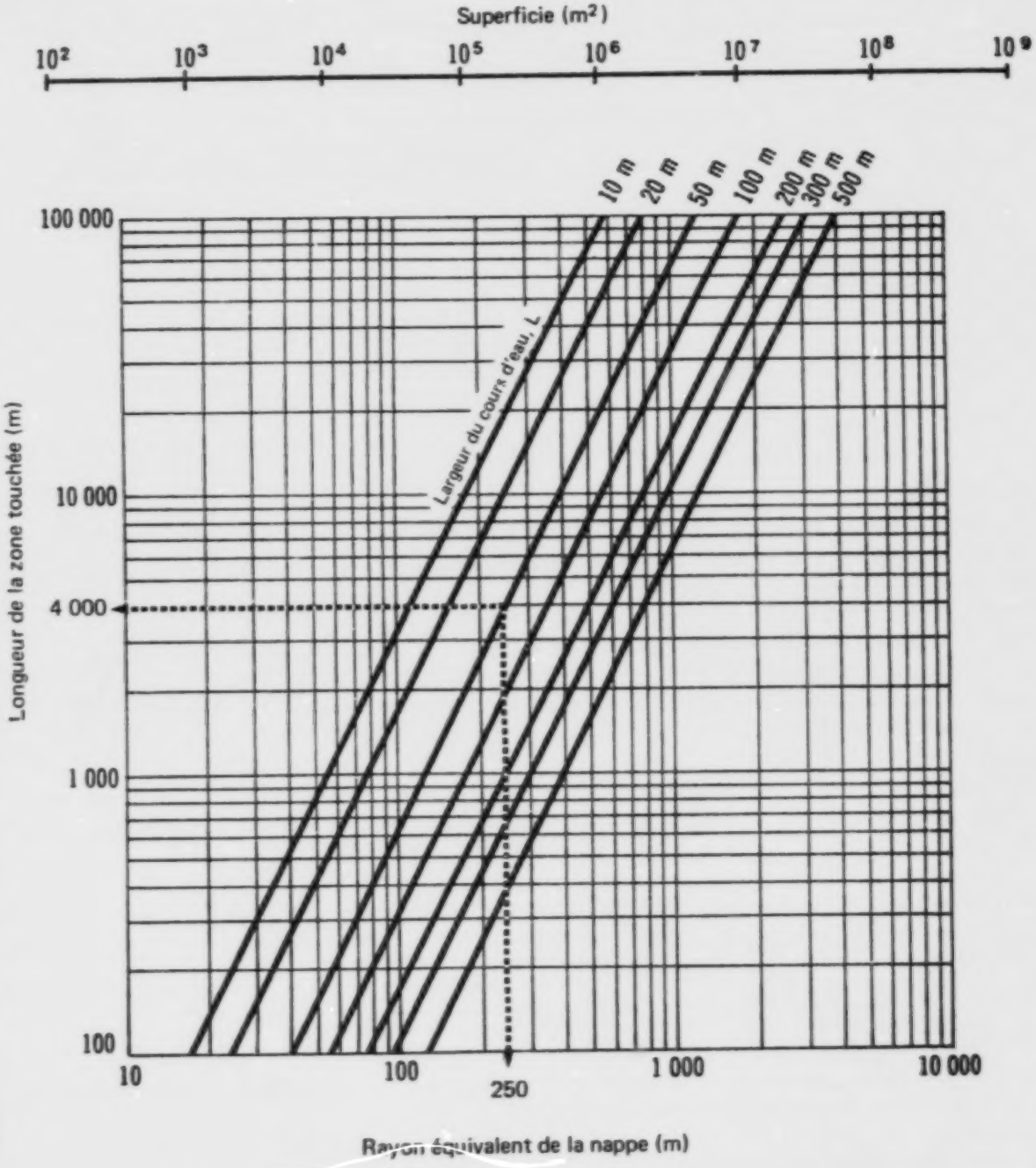


Figure 22

TOLUÈNE

LONGUEUR DE LA ZONE TOUCHÉE, EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE (EAU CALME, CONFINÉE)



5.4.2.3 Distance de dérive en fonction du temps (aucun vent). – La figure 23 représente le rapport simple qui existe entre la vitesse, le temps et la distance de dérive. La distance parcourue, dans un temps donné, par une nappe entraînée par un cours d'eau, est directement proportionnelle au courant de surface.

5.4.2.4 Addition vectorielle du courant de surface et du vent. – Pour tenir compte de ces deux facteurs, on suppose que la nappe se déplace à une vitesse égale à la somme vectorielle de la vitesse du courant et de 3 p. 100 de la vitesse du vent (Phani, 1974; Fingas 1979, 1980).

La figure 24 a été conçue pour simplifier l'addition vectorielle du courant et de la vitesse du vent. L'axe horizontal correspondant à la vitesse du vent (vecteur éolien) a été gradué en kilomètres à l'heure. On additionne le vecteur du courant de surface au vecteur éolien en déterminant sa direction relative par rapport à celle du vent. La longueur du vecteur correspondant au courant de surface est définie par l'échelle verticale graduée en m/s correspondant à la vitesse du courant de surface.

Le vecteur résultant représente la direction et la vitesse de dérive de la nappe, imprimées par le vent et le courant. La longueur du vecteur résultant représente la vitesse (m/s) de dérive de la nappe répandue lorsqu'on la mesure sur l'échelle verticale.

Le nomogramme ne tient pas compte de la déformation de la nappe causée par le vent ou les courants de surface, ni des pertes produites par évaporation ou d'autres facteurs.

5.4.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Un déversement de 20 tonnes de toluène s'est produit sur un grand lac. Les vents sont faibles. Déterminer l'étendue de la nappe après 20 mn, ainsi que son étendue maximale et le moment où cette étendue maximale sera atteinte.

Solution

D'après la figure 21, si l'on suppose que t = 20 mn et que la masse déversée est de 20 tonnes, on obtient, par interpolation, la valeur suivante: rayon de la nappe (r) $\cong$ 60 m.

De la même façon, le rayon maximal de la nappe, de 250 m environ, sera atteint approximativement en 125 mn.

PROBLÈME B

La nappe décrite dans les données du problème A est confinée dans une zone calme, d'une largeur approximative de 50 m. Quelle est la longueur maximale de la zone touchée par ce déversement?

Solution

D'après la figure 21, le rayon maximal = 250 m dans le cas d'une masse de 20 tonnes.

D'après la figure 22, si le rayon maximal = 250 m et si la largeur du cours d'eau est de 50 m, la longueur maximale de la zone touchée, en l'absence de vent, sera de 4000 m.

PROBLÈME C

Les 20 tonnes déversées dans le cas du problème A sont déplacées par un vent du sud-ouest soufflant à 40 km/h et un courant de surface de 0,15 m/s à 90° de la direction du vent (écoulement nord-ouest). Quelle est la direction et la vitesse résultante de la nappe et la distance parcourue lorsqu'elle atteint sa taille maximale?

Solution

Étape 1 Déterminer le vecteur éolien.

D'après la figure 24, mesurer la longueur du vecteur éolien correspondant à 40 km/h sur l'échelle horizontale de la vitesse du vent.

Figure 23

TOLUÈNE

DISTANCE DE DÉRIVE (AUCUN VENT)

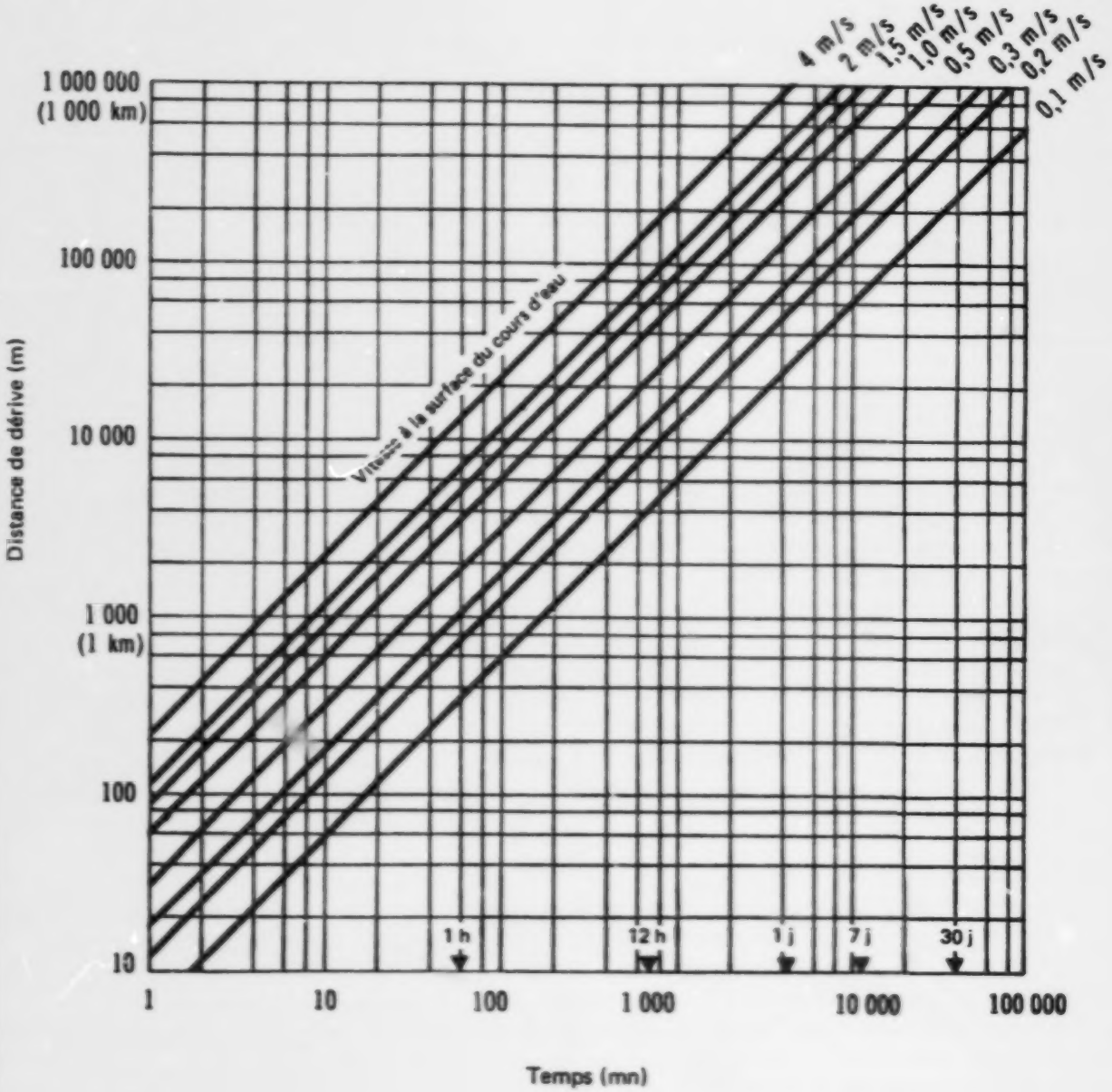
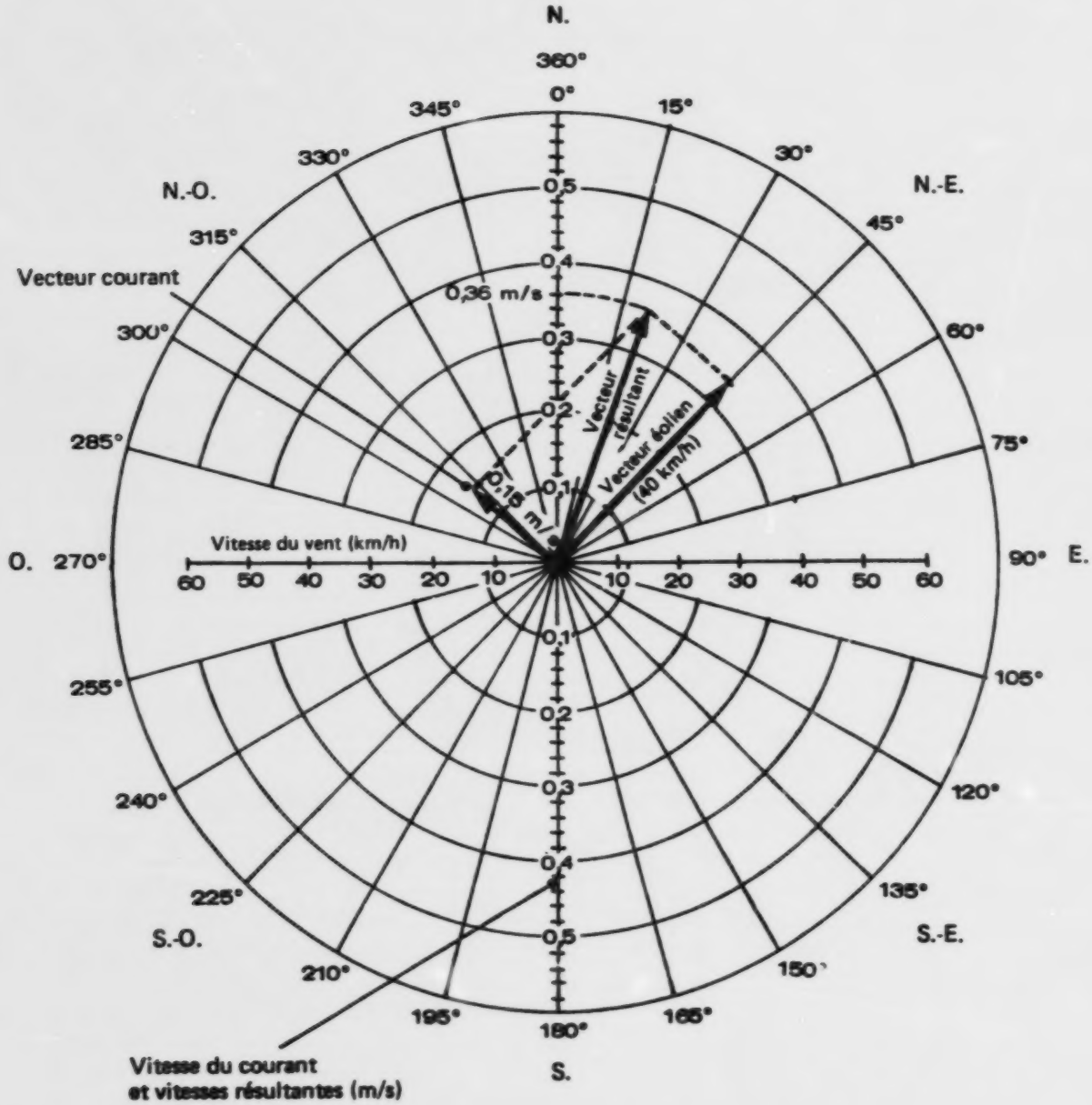


Figure 24

TOLUÈNE

ADDITION VECTORIELLE DU COURANT DE SURFACE ET DU VENT



Tracer le vecteur éolien de la bonne longueur, orienté dans la direction nord-est à partir de l'origine du vecteur éolien.

Étape 2 Déterminer le vecteur courant de surface.

Au moyen de la figure 24, mesurer la longueur du vecteur correspondant au courant superficiel de 0,15 m/s sur l'axe vertical.

Tracer le vecteur correspondant au courant superficiel, de la bonne longueur, orienté dans la direction nord-ouest à partir de l'origine du vecteur éolien.

Étape 3 Déterminer le vecteur résultant.

Tracer le vecteur résultant à partir de l'origine jusqu'au vecteur correspondant au courant.

La direction du déplacement, telle qu'elle est donnée par le vecteur résultant se trouve à 20° au nord-est.

Définir la vitesse de dérive en mesurant la longueur du vecteur résultant sur l'échelle verticale.

La vitesse de dérive de la nappe est évaluée à 0,36 m/s.

Étape 4 Déterminer la distance de dérive lorsque la nappe atteint son rayon maximal.

D'après la figure 21, le rayon maximal = 250 m à t = 125 mn (7500 s).

Distance de dérive = 7500 s x 0,36 m/s = 2700 m, lorsque la nappe atteint son rayon maximal.

5.5 Comportement dans la subsurface: migration dans le sol

5.5.1 Mécanismes. – Les principes généraux du transport des polluants dans le sol et leur application au présent calcul sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Certains aspects du déversement du toluène sur le sol et sa migration dans le sol sont présentés ci-après.

Lorsque le toluène est déversé sur le sol, sa migration devient un processus en phases multiples, soit les phases liquide et vapeur du toluène et de l'eau, le toluène adsorbé sur les particules de sol et le toluène dissous dans la phase aqueuse. C'est la migration du toluène en direction de la nappe phréatique qui cause le plus d'inquiétude.

Il existe malheureusement peu de données permettant d'évaluer avec précision la migration d'un polluant non miscible dans le sol. Quelques études sur le terrain ont été effectuées particulièrement dans le cas de déversements de pétrole, d'essence ou de biphényles polychlorés (BPC), mais il existe peu d'informations relativement à la plupart des déchets dangereux. Il faut donc, pour le toluène, supposer un scénario simplifié des conditions du sol et des eaux souterraines et décrire le comportement du toluène en se référant à des matières dont le comportement est mieux connu.

Un modèle du mouvement descendant de fluides non miscibles, tel le toluène, dans le sol a été préparé en comparant ce mouvement à celui du pétrole déversé sur le sol puisque le comportement du pétrole dans le sol est comparable à celui du toluène (Blokker, 1971; Freeze et Cherry, 1979).

Il est supposé que, lorsqu'il se produit un déversement, le sol contient au plus une quantité d'eau égale à sa capacité au champ (ou capacité normale d'humidité) jusqu'au niveau de la nappe phréatique. Le toluène répandu remplit les pores à la surface du sol et commence à descendre. La vitesse d'infiltration est fonction du coefficient de perméabilité (K) du toluène dans le sol décrit dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Des flaques se forment à la surface lorsque le taux de déversement est supérieur au taux d'infiltration. Il est supposé que le toluène s'infiltre comme une masse saturée, laissant derrière elle une quantité résiduaire constante (So) de toluène dans les pores du sol.

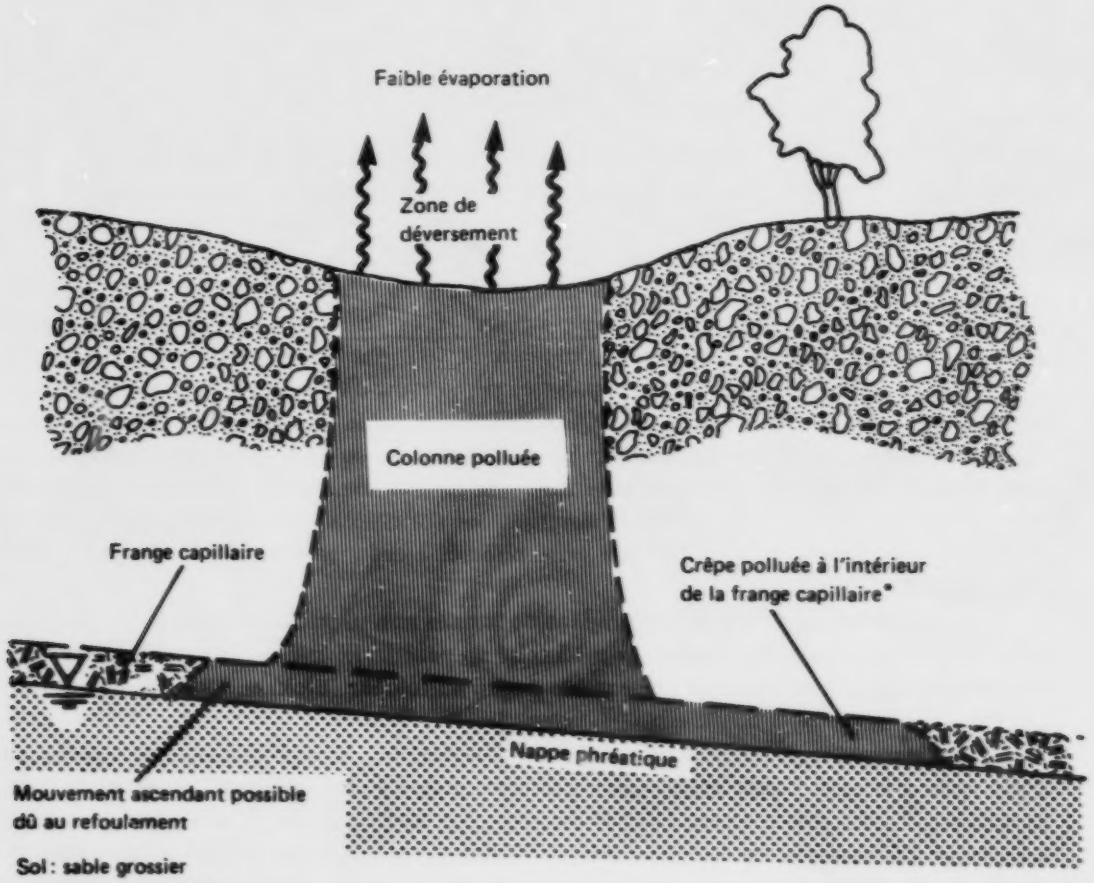
La migration continue jusqu'à ce que le volume de toluène déversé par unité de surface (Bo) soit égal au volume retenu dans le sol (So). La migration capillaire peut entraîner un certain mouvement horizontal. Si Bo est supérieur au volume pouvant être retenu en So au-dessus de la nappe phréatique, l'excès de toluène s'étalera comme une crêpe à l'intérieur de la frange capillaire saturée d'eau souterraine. La zone polluée qui en résultera comprendra une colonne «verticale» et des crêpes «horizontales» de sol formées de la quantité résiduaire du toluène, So. La situation est schématisée à la figure 25.

Comme le toluène est très peu soluble dans l'eau, la migration du polluant peut se poursuivre dans la phase liquide à mesure que les précipitations continuent à s'infiltrer dans la zone contaminée.

L'adsorption sur les particules du sol, la volatisation et la biodégradation sont d'autres facteurs qui peuvent influer sur le devenir du toluène.

Figure 25

TOLUÈNE — **MIGRATION DANS LE SOL**



5.5.2 Équations décrivant le mouvement du toluène dans le sol. – Les équations et hypothèses utilisées pour décrire le mouvement descendant du polluant à travers le sol non saturé vers la nappe phréatique figurent dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration ont été calculées d'après la loi de Darcy en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée par suite d'un écoulement en bloc.

5.5.3 Coefficient de perméabilité du toluène en sol saturé. – Le coefficient de perméabilité K du toluène en sol saturé, exprimé en m/s est le suivant:

$$K = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où

k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)
ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)
μ = viscosité absolue du fluide ($Pa \cdot s$)
g = accélération due à la force de pesanteur = 9,81 m/s^2

	Toluène	
Caractéristique	20 °C	4 °C
Masse volumique (ρ) kg/m^3	866	881
Viscosité absolue (μ) $Pa \cdot s$	$0{,}59 \times 10^{-3}$	$0{,}75 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité en sol saturé (K), m/s	$(1{,}44 \times 10^{7})\,k$	$(1{,}15 \times 10^{7})k$

5.5.4 Sols. – Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois sols choisis pour ce travail. Leurs caractéristiques pertinentes sont les suivantes:

	Type de sol		
Propriété	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (n), m^3/m^3	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ	0,075	0,3	0,45
Toluène résiduaire dans les pores (So), m^3/m^3	0,05	0,1	0,2

5.5.5 Nomogrammes de migration. – Des nomogrammes ont été préparés pour chaque type de sol indiquant la profondeur totale de migration du toluène (B) en fonction du temps de migration (tm) pour divers volumes déversés par unité de surface du sol (Bo). Des températures de 4 °C et 20 °C ont été utilisées. Les calculs étaient basés sur les équations présentées dans le Manuel d'introduction Enviroguide.

À la figure 26, un schéma est présenté, expliquant l'utilisation des nomogrammes. Ces derniers sont présentés aux figures 27, 28 et 29.

5.5.6 Exemples de calcul. – Vingt tonnes de toluène ont été déversées sur un sol de sable grossier. La température est de 20 °C; la nappe a un rayon de 8,6 m. Calculez la profondeur et le temps de migration.

Étape 1 Définissez les paramètres.

Masse déversée = 20 000 kg (20 tonnes); temp. = 20 °C

Masse volumique ρ = 866 kg/m^3; r = 8,6 m

Étape 2 Calculez le volume et la surface de la nappe.

$$\text{Vol.} = \frac{\text{Masse}}{\rho} = \frac{2 \times 10^4 \text{ kg}}{866 \text{ kg/m}^3} = 23{,}1 \text{ m}^3$$

$$A = \pi r^2 = 232 \text{ m}^2$$

Étape 3 Calculez la charge volumétrique Bo.

$$Bo = \frac{\text{Vol.}}{A} = \frac{23{,}1 \text{ m}^3}{232 \text{ m}^2} = 0{,}1 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Étape 4 Calculez la profondeur de migration (B) et le temps de migration (tm).

Dans le cas de sable grossier, avec un Bo = 0,1 m^3/m^2, B = 6 m, tm = 7 mn

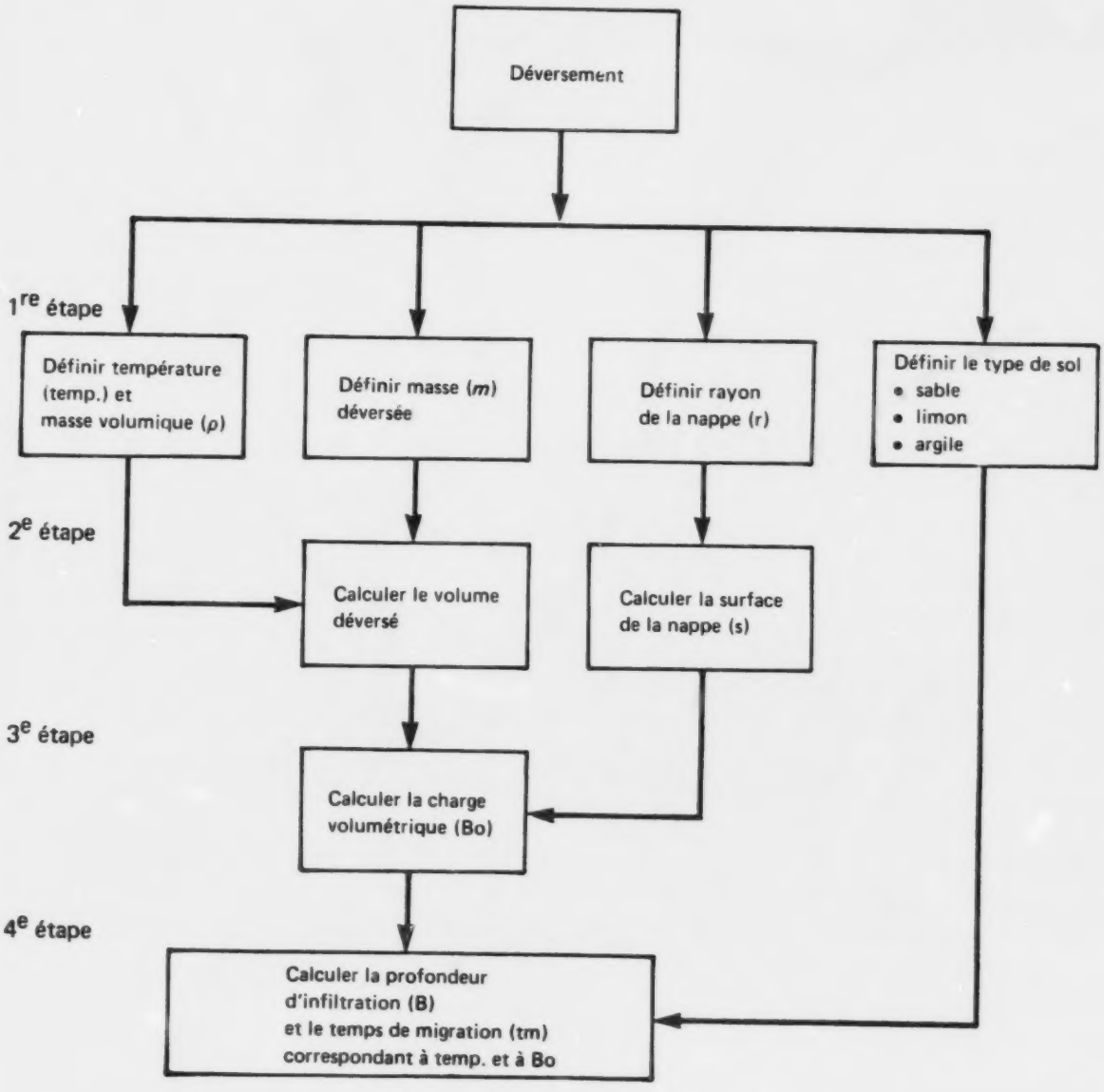

Déversement
1re étape
Définir température (temp.) et masse volumique (ρ)
Définir masse (m) déversée
Définir rayon de la nappe (r)
Définir le type de sol
• sable
• limon
• argile
2e étape
Calculer le volume déversé
Calculer la surface de la nappe (s)
3e étape
Calculer la charge volumétrique (Bo)
4e étape
Calculer la profondeur d'infiltration (B) et le temps de migration (tm) correspondant à temp. et à Bo

Figure 27

TOLUÈNE

MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

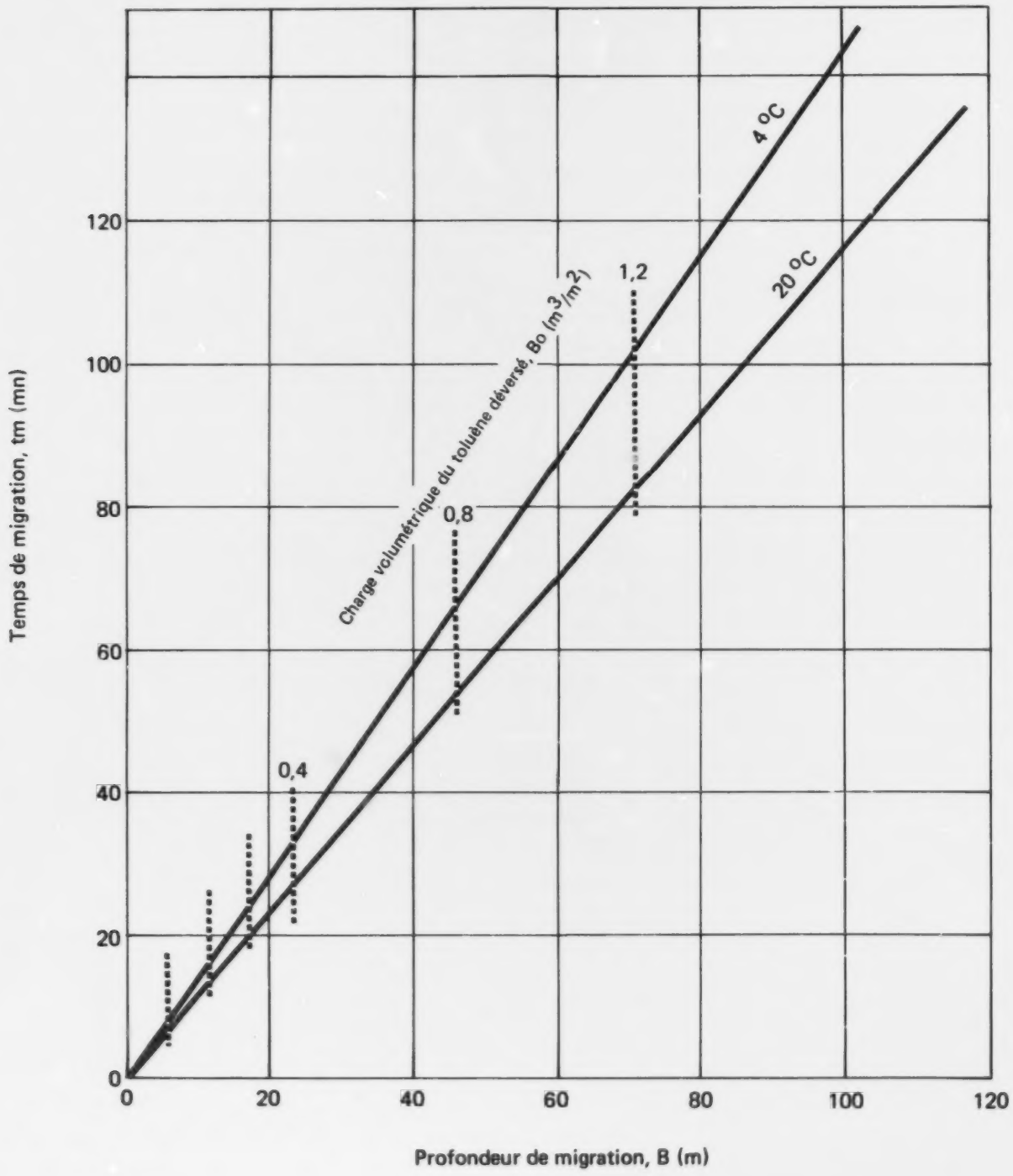


Figure 28

TOLUÈNE

MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

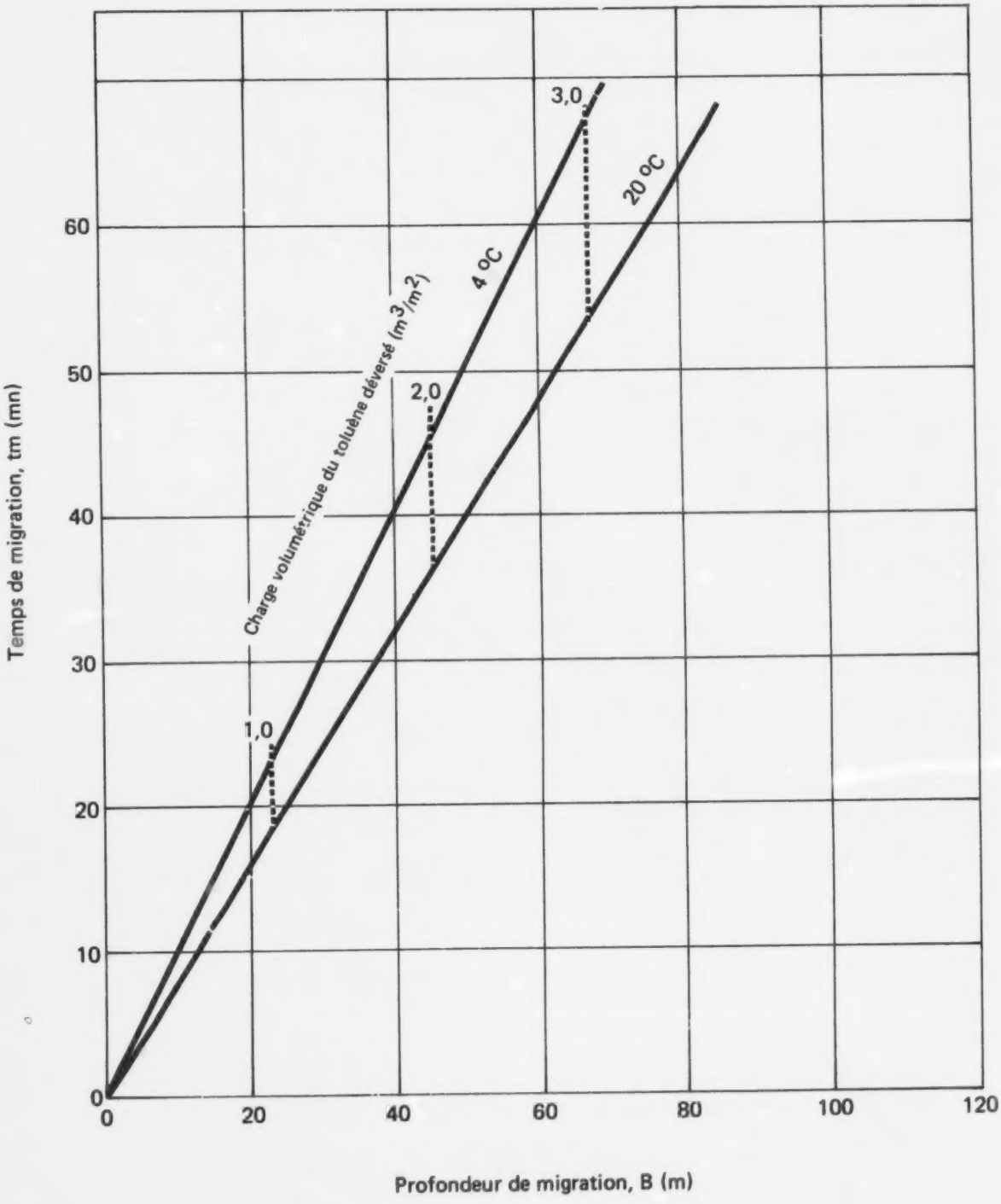
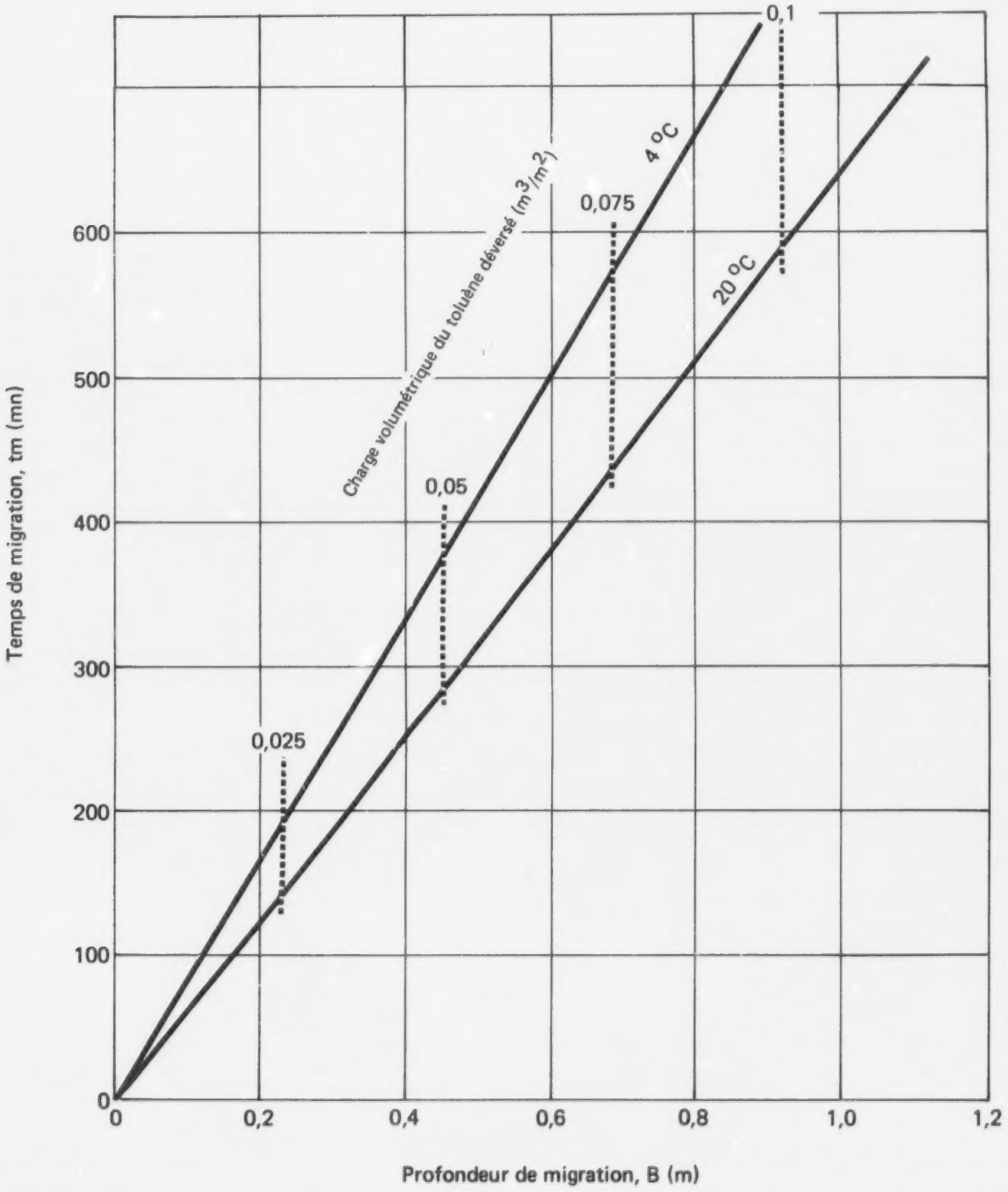


Figure 29

TOLUÈNE

MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

Il est à noter que les limites maximales admissibles constituent dans certains cas des éléments de règlements, alors que dans d'autres cas, elles correspondent seulement à des recommandations.

6.1.1 Qualité de l'eau

6.1.1.1 Situation au Canada. – En ce qui concerne le toluène dans l'eau, il n'existe aucun règlement tant à l'échelle nationale que provinciale, relativement aux teneurs maximales admissibles (PTP, 1980). Une teneur en toluène inférieure à 0,25 mg/kg suffit pour altérer le goût de la chair de poisson.

6.1.2 Qualité de l'air

6.1.2.1 Situation en Ontario. – En ce qui concerne l'air, l'Ontario E.P. Act de 1971 fixe une norme de qualité de 2000 $\mu g/m^3$ (moyenne d'une demi-heure).

6.1.2.2 Situation aux États-Unis. – Il n'existe aux États-Unis aucune norme précise visant les émissions de toluène dans l'atmosphère (PTP, 1980).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Situation au Canada. – Le toluène est toxique pour les poissons exposés pendant une courte période à des teneurs allant de 10 à 65 mg/l, alors que pour les organismes aquatiques inférieurs, la teneur maximale admissible est de 60 mg/l (MHSSW, 1976). Une teneur en toluène de 0,25 mg par litre d'eau peut altérer la chair du poisson et les autres organismes aquatiques.

La teneur létale moyenne en toluène pour 96 heures, c'est-à-dire celle qui provoque une mortalité de 50 p. 100 du poisson en 96 heures, est de 10 mg/l (Water Management Goals, 1978).

6.2.2 Évaluation de la toxicité ailleurs dans le monde. – En Roumanie (1974) la teneur maximale admissible en toluène dans les eaux superficielles des catégories I à III est de 0,1 mg/l (Verschueren, 1977).

6.2.2.1 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. – La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) au toluène correspond à des teneurs variant entre 10 et 100 mg/l (RTECS, 1979). Une teneur admissible de 2,3 mg/l (moyenne de 24 heures) a été établie pour protéger la vie aquatique en eau douce. La teneur en toluène ne doit toutefois jamais dépasser 5,2 mg/l (PTP, 1980). La limite imposée pour protéger les organismes marins est de 0,1 mg/l (moyenne de 24 heures). La teneur en toluène de l'eau salée ne doit jamais dépasser 2,3 mg/l (PTP, 1980).

6.2.3 Toxicité en eau douce

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Source
A. – Pour les poissons					
10	Non indiquée	Truite arc-en-ciel	Létal		MHSSW, 1976
9,36 µg/l	96	Alevins de saumon Coho	TL 50; croissance lente		Spehar, 1981
240	96	Ictalure tachetée	TL 50	22 °C	Johnson, 1980
170	96	Crapet arlequin	TL 50; métabolise le toluène	17 °C	Johnson, 1980; Berry, 1980
70	Non indiquée	Ouitouche	TL 50		Juhnke, 1978
58	24	Cyprin doré	DL 50		Verschueren, 1977
56 à 34	24 à 96	Tête-de-boule	TLm		Verschueren, 1977
10	Non indiquée	Truite arc-en-ciel	Létal		MHSSW, 1976
1340 à 1280	24 à 96	Gambusie	TLm	Trouble, étang de ferme	WQCDB-3, 1971
61 à 65	1	Môle	TLm, létal	Goudron et déchets de gaz	WQCDB-1, 1970
24	96	Crapet arlequin	TLm	Température constante; eau douce	Pickering, 1966
63 à 59	24 à 96	Poisson arc-en-ciel	TLm	Eau douce	Pickering, 1966
B. – Pour les micro-organismes					
313	48	*Daphnia magna*	TL 50		NRC, 1981
105	Non indiquée	Algue (*Micro-cystis aeruginosa*)	Inhibition de la multiplication cellulaire		Verschueren, 1977
120	Non indiquée	Algue (*Scenedesmus*)	Seuil de danger		MHSSW,1976
C. – Pour les invertébrés					
24,2 à 72,4	24	Copépode	TL 50		NRC, 1981
Non indiquée	48	Écrevisse	ne métabolise pas le toluène		Berry, 1980
33	24	Artemia	TLm	Test biologique statique	Hague, 1974

6.2.4 Toxicité en eau salée

Données sur la toxicité

Teneur (mg/l)	Durée (h)	Espèce	Résultat	Caractéristiques de l'eau	Source
A. – Tests sur les poissons					
7,3	96	Achigan de mer	TL 50		NRC, 1981
277 à 485	96	Spare tête de mouton	TL 50		NRC, 1981
0,1	24	Hareng du Pacifique	Absorption rapide; les tissus contenaient des teneurs 340 fois plus fortes que les teneurs normalement décelées		NRC, 1981
50 (dans du pétrole brut en suspension)	10 jours	Anguille	Accumulation dans la chair; rapport des teneurs de 13,2		NRC, 1981
54	96	Médaka du Japon (oeufs)	TL 50; effets tératogènes à 41 mg/l	Test biologique statique	Stoss, 1979
10	24 à 96	Jeune saumon Coho	Aucune mortalité significative	Eau de mer artificielle, 8 °C	Verschueren, 1977
50	24	Jeune saumon Coho	Mortalité de 90 p. 100	Eau de mer artificielle, 8 °C	Verschueren, 1977
B. – Tests sur les invertébrés					
12,5	69	Isopode marin	TE 50; narcose réversible		Bakke, 1979
1,0	Non indiquée	Moule	Aucun effet létal		APOP, 1975
23	Non indiquée	Crevette marine	TLm		EPA-440/9-75-009
C. – Tests sur les végétaux					
> 100		Phytoplancton	Toxique; inhibition de la croissance		NRC, 1981
10		Varech géant	Diminution de la photosynthèse		WQC, 1963
D. – Tests sur les micro-organismes					
1000		*Pseudomonas* (bactéries marines)	Sublétale; réaction chimiotactique nulle		NRC, 1981
6000		*Pseudomonas* (bactéries marines)	Réaction chimiotactique inhibée		TAB, 1981

6.2.5 Études sur les effets toxiques en milieu aquatique. – Le toluène peut être toxique pour le poisson et les organismes dont se nourrit le poisson (EPA-440/9-75-009). Le toluène peut causer un empoisonnement aigu à des teneurs qui varient en fonction de la température de l'eau et de l'espèce du poisson. La plage des teneurs toxiques est comprise entre 10 et 90 mg/l (MHSSW, 1976). Les algues vivant en eau douce résistent mieux au toluène que le poisson

(CPTP, 1980). Des études en milieu marin ont révélé que le toluène est toxique pour les bactéries, le phytoplancton et le poisson (PTP, 1980).

6.3 Toxicité pour d'autres espèces vivantes

6.3.1 Toxicité pour le bétail

Teneur	Durée	Espèce	Résultat	Source
> 0,0078 g/ oeuf	2, 3 et 6 jours	Embryons de poulet	DL 50; mort après 14 jours d'incubation	Elovaara, 1979
5000 mg/kg (poids corporel)	Non indiquée	Mammifères	DL 50 moyenne (ingestion)	MHSSW, 1976

La teneur maximale en toluène de l'eau douce comprise entre 0,5 et 1,0 mg/l n'a aucun effet connu sur les mammifères qui s'en abreuvent régulièrement (WQCDB-3, 1971).

6.3.2 Toxicité pour les oiseaux. – Les plumes des oiseaux aquatiques perdent leurs propriétés isolantes et hydrofuges au contact du toluène répandu à la surface de l'eau. En effet, le toluène dissout les substances protectrices des plumes et du duvet.

6.3.3 Toxicité pour les insectes et les invertébrés

Teneur (mg/l)	Espèce	Résultat	Source
10 à 15	Mouches communes	Létal	NRC, 1981
22	Larves de moustiques (4^e instar)	DL 50	NRC, 1981
96	Charançons	DL 50	NRC, 1981
Dans le toluène pur (30 mn)	Oeufs de sauterelle	Empêche ou met un terme à la diapause	NRC, 1981
920 mg/kg	Grenouilles	Teneur létale minimale (voie sous-cutanée)	RTECS, 1979

6.3.4 Toxicité pour les végétaux

Teneur (mg/m^3)	Espèce	Résultat	Source
4,5	Orge (plante)	Lésions aux plantes	NRC, 1981
Non indiquée	Avocat (fruit)	Vapeur absorbée et métabolisée	NRC, 1981
Non indiquée	Maïs et haricot (jeunes plants); thé et raisin (plantes)	Vapeur absorbée et métabolisée dans les racines, les feuilles et les tiges	NRC, 1981

Toutes les variétés de coton soumises aux tests étaient sensibles au toluène à des degrés différents pendant la germination. L'inhibition de la croissance était proportionnelle à l'augmentation de la teneur en toluène de 2,5 à 10 kg/ha (Kamilova, 1979). On a constaté que les tomates (plantes) étaient particulièrement sensibles aux vapeurs de toluène. La plupart des lésions causées aux plantes par le toluène, sont de courte durée. Le toluène traverse le cuticule et entre dans la plante par les stomates et tue rapidement les tissus avec lesquels il entre en contact. Le toluène n'est ni accumulé ni transporté dans la plante (NRC, 1981).

6.4 Dégradation

6.4.1 Dégradation biologique. – Le toluène peut être dégradé par diverses bactéries (Brown, 1978). De faibles teneurs en toluène (20 mg/l) semblent augmenter le taux de croissance des bactéries dans les boues des eaux d'égout (mesuré d'après le taux de formation du méthane). Des effets toxiques sont observés lorsque la teneur en toluène est élevée (200 mg/l).

Teneur (mg/l)	Espèce	Résultat	Source
200	Bactérie (*E. coli*)	Dose létale; inhibition de la dégradation	Verschueren, 1977
30	Bactérie (*P. fluorescens*)	Inhibition de la dégradation du glucose	Verschueren, 1977

6.4.2 Demande biologique en oxygène (DBO)

DBO (kg/kg)	% théorique	Jours	Milieu ensemencé	Source
1,23		5	Boues des eaux d'égout diluées et acclimatées	Jones, 1971
1,47		35	Non spécifié	Verschueren, 1977
>1	53	5	Eaux d'égout	Price, 1974
>1	86	20	Eaux d'égout acclimatées	Price, 1974
<1	3	15	Eaux d'égout; eaux salées	Price, 1974

On estime que la demi-vie d'une solution saturée est inférieure à 30,6 minutes à cause de l'évaporation (MacKay et Walkoff, 1973).

6.4.3 Demande chimique en oxygène (DCO). – On a constaté que la DCO du toluène était de 1,88 lb/lb (Jones, 1971). Sa demande théorique en oxygène est de 3,13 lb/lb (Verschueren, 1977). La capacité du toluène d'inhiber la prolifération bactérienne dans les eaux d'égout et sa faible solubilité font que le manque d'oxygène est très faible dans le cas d'un déversement (EPA-440/9-75-009).

6.5 Devenir et effets à long terme

Dans des conditions idéales, le toluène est facilement transféré de la surface de l'eau à l'atmosphère dans laquelle il se dégrade photochimiquement en diverses matières organiques. On sait également que le toluène revient dans l'hydrosphère avec la pluie. Le toluène peut rester dans l'atmosphère pendant des heures ou des jours (NRC, 1981).

Les effets biologiques du toluène sur les organismes vivants sont de courte durée. Il est improbable que des effets toxiques durables puissent être attribués au toluène parce qu'il ne s'accumule pas dans les tissus et qu'il est rapidement métabolisé et excrété (NRC, 1981).

6.6 Effets sur le sol

6.6.1 Dégradation du toluène dans le sol. – Le toluène présent dans le sol en faibles teneurs peut être rapidement dégradé par l'activité microbienne, selon le type de sol et d'autres facteurs environnementaux (NRC, 1981). À des teneurs élevées, le toluène est toxique pour les micro-organismes et ne se dégrade donc pas de façon notable.

6.7 Autres effets

6.7.1 Effets possibles sur un procédé d'épuration des eaux. – Une quantité supérieure à 0,05 p. 100 de toluène dans les boues des eaux d'égout inhibe la digestion des boues (EPA-440/9-75-009).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Il existe une documentation considérable sur les effets toxiques du toluène chez l'homme et les animaux de laboratoire, d'une part parce que l'on fait un large usage de cet hydrocarbure dans l'industrie et qu'il a d'autre part des caractéristiques chimiques semblables à celles du benzène. Les normes actuelles d'exposition au toluène dans l'industrie sont basées principalement sur les symptômes subjectifs et objectifs d'irritation des muqueuses et les déficits du système nerveux central, chez des sujets exposés à des vapeurs de toluène pendant une courte période. Peu de travaux traitent des effets du toluène sur la reproduction, ainsi que de son pouvoir mutagène et cancérogène.

De nombreux travaux de recherche ont été entrepris sur la toxicologie du toluène, comme on peut le constater dans les récents numéros de TOX TIPS (résumé des recherches en cours). Plusieurs des études en question concernent la mortalité à long terme en milieu professionnel. Une étude porte sur sa neurotoxicité et une autre concerne les tests biologiques effectués par le National Cancer Institute des États-Unis, portant spécifiquement sur le pouvoir cancérogène du toluène. Le toluène est au nombre des produits listés dans l'inventaire de l'agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA), dressé conformément à la Loi sur le contrôle des substances toxiques. Les données présentées ici rendent compte de l'information déjà publiée.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversements.

7.1 Normes d'exposition recommandées

Les normes d'exposition pour le toluène tiennent compte dans l'évaluation de l'exposition globale, de l'absorption éventuelle par la voie cutanée et de ses effets sur le système nerveux central.

Les directives des provinces, au Canada, sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH des États-Unis, sauf indication contraire.

Directive (temps)	Origine	Teneur recommandée	Référence
	Teneur pondérée en fonction du temps		
TLV®(8 h)	ACGIH	100 ppm (375 mg/m^3)	TLV, 1983
PEL (8 h)	NIOSH	100 ppm (375 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1978
MPT(8 h)	OSHA	200 ppm (750 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1978
Seuil d'intervention recommandé	NIOSH/OSHA	50 ppm (163 mg/m^3)	GE, 1979
–	Suède	100 ppm (375 mg/m^3)	Verschueren, 1977
–	Pologne	30 ppm (100 mg/m^3)	ILO, 1980
–	URSS	15 ppm (50 mg/m^3)	ILO, 1980
–	RDA	60 ppm (200 mg/m^3)	ILO, 1980
–	Finlande	200 ppm (750 mg/m^3)	ILO, 1980

Teneur admissible pour des expositions de courte durée			
STEL (15 mn)	ACGIH	150 ppm (560 mg/m^3)	TLV, 1983
Plafond (10 mn)	NIOSH	200 ppm (750 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1978
Plafond (maximum) (10 mn)	OSHA	500 ppm (1875 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1978
Teneur maximale d'inhalation (STIL) (30 mn)	–	600 ppm	CHRIS, 1978
Plafond admissible (15 mn)	OSHA	300 ppm (1125 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1978
Autres aspects de la toxicité pour l'homme			
IDLH	NIOSH	2000 ppm (7500 mg/m^3)	Guide NIOSH, 1978
Teneur toxique minimale		500 ppm	AAR, 1981
–		200 ppm	RTECS, 1979
		100 ppm	RTECS, 1979

7.1.2 **Index de toxicité par inhalation (ITI).** – Cet index sert à établir le risque d'effets nocifs d'une substance lié à son inhalation. Il s'agit du rapport entre la tension de vapeur et la TLV®. Il se calcule de la manière suivante:

1315,12 (pression de vapeur en mm Hg)/(TLV® en ppm)

Pour le toluène, on obtient donc

$$\frac{1315{,}12 \times 27{,}8 \text{ mm Hg (à 25 °C)}}{100 \text{ ppm}} = 365{,}6 \text{ ou } 3{,}65 \times 10^{2}$$

7.2 Données sur les actions irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
200 à 100 ppm	Démangeaisons	GE, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
14 g/kg	DL 50	RTECS, 1979
435 mg (test épicutané de 72 h)	Érythème, léger oedème	RTECS, 1979
12 211 ng/kg (14 j)	DL 50	AAR, 1981

7.2.2 Contact avec les yeux

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
300 ppm	Irritation	RTECS, 1979
200 ppm	Irritation	GE, 1979
• CHEZ LE LAPIN		
2 mg (24 h)	Irritation grave	RTECS, 1979
870 µg (72 h)	Irritation légère	RTECS, 1979

7.3 Seuil de perception des caractères organoleptiques

7.3.1 **Odeur.** – Le toluène a une odeur piquante, aromatique, semblable à celle du benzène et de la colle pour modèles réduits (AAR, 1981). Nombre du seuil de perception: 16 609 (AAR, 1981).

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Seuil olfactif absolu	–	0,17 ppm	AAR, 1981
Seuil de perception	–	10 à 15 ppm	NIOSH/OSHA, 1978
Détection à 50 %	–	1,74 ppm	Verschueren, 1977
Détection à 100 %		1,75 ppm	Verschueren, 1977
Seuil olfactif	dans l'air	4,58 ppm	ASTM, 1980
Seuil olfactif	dans l'air	2,14 ppm	ASTM, 1980
Seuil olfactif	dans l'air	4,78 ppm	ASTM, 1980
Teneur d'odeur du seuil	dans l'air	0,17 à 40 ppm	ASTM, 1980

7.3.2 **Goût**

Paramètre	Milieu	Teneur	Référence
Seuil de goût inférieur	–	< 0,25 ppm	AAR, 1981

7.4 Études à long terme

7.4.1 **Inhalation**

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
	A. Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
30 000 ppm à 10 000 ppm (durée non précisée)	Étourdissements, syncope, perte de connaissance Rétablissement rapide, aucune séquelle	Wilson, 1943. Dans NRC, 1981
2050 ppm (estimation)	Quatre adolescents trouvés morts dans une automobile. Le décès semble attribuable à une action anesthésique fatale	NRC, 1981
1000 ppm	Graves effets toxiques	AAR, 1981
800 ppm	Goût métallique, maux de tête, lassitude, légères nausées	Carpenter et coll. Dans NIOSH, 1973
600 ppm	Lassitude, hilarité, légères nausées	Carpenter et coll. Dans NIOSH, 1973
400 ppm	Légère irritation oculaire, larmoiement, hilarité	Carpenter et coll. Dans NIOSH, 1973
200 ppm	Teneur toxique minimale; effets sur le système nerveux central	GE, 1979
200 ppm (3 à 7 h)	Augmentation du temps de réaction, baisse de la pression artérielle systolique, ralentissement de la fréquence cardiaque	Ogata et coll., 1970 Dans NRC, 1981
100 ppm	Effets psychologiques, irritation passagère	Patty, 1981

• CHEZ LE SINGE		
100 ppm	Teneur toxique minimale. Effets psychotropes	ITII, 1981
• CHEZ LE CHIEN		
760 ppm (6 h)	Aucun signe d'inconfort	Patty, 1981
• CHEZ LE CHAT		
7800 ppm (6 h)	Effets sur le système nerveux central, mydriase, légers tremblements. Prostration en 80 mn. Légère anesthésie en 2 h	Patty, 1981
• CHEZ LE RAT		
70 000 à 45 000 ppm (16,1 mn)	Excitation, tremblements, mouvements désordonnés	Patty, 1981
70 000 à 45 000 ppm (14,8 mn)	Abolition du réflexe de clignement	Patty, 1981
70 000 à 45 000 ppm (9,5 mn)	Contraction de la pupille	Patty, 1981
70 000 à 45 000 ppm (2,9 mn)	Légère anesthésie, relaxation	Patty, 1981
25 000 à 15 000 ppm (80 à 130 mn)	Mort de 7 rats sur 10 (test réalisé avec de l'O_2)	Patty, 1981
20 000 ppm (30 à 50 mn)	Mortelle	NRC, 1981
25 000 à 15 000 ppm (15 à 35 mn)	Teneur mortelle pour 4 rats sur 5	Patty, 1981
8000 ppm (4 h)	TL 50	Patty, 1981
4000 ppm (4 h)	TL min.	ITII, 1981
4000 ppm (4 h)	Narcose ou dépression, sujets incapables de marcher, crises myocloniques	Takeuchi, 1977. Dans NRC, 1981
2000 ppm (4 h)	Crises myocloniques occasionnelles	Takeuchi, 1977. Dans NRC, 1981
1700 ppm (4 h)	Dose tolérée	Patty, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
9300 à 8000 ppm	Mortelle pour tous les animaux	Patty, 1981
8520 ppm	Mortelle pour 87,5 % des animaux	Patty, 1981
5320 ppm (8 h)	TL 50	RTECS, 1979
5300 ppm (8 h)	TL min.	Svirbely et coll. Dans NIOSH, 1973
5300 ppm	Teneur létale 50	TAB, 1981
3200 à 2650 ppm	Abolition des réflexes	Patty, 1981
Teneur non spécifiée	Irritation pulmonaire et rénale, signes de lésions cellulaires à la rate	Svirbely et coll. Dans NIOSH, 1973
Teneur non spécifiée	Cardiotoxicité	Taylor et Harris, 1970. Dans NIOSH, 1973

B. Expositions de longue durée

• CHEZ L'HOMME		
1500 à 500 ppm (6 h à 8 h/j pendant 1 à 3 semaines)	Maux de tête, nausées, étourdissements, anorexie, palpitations et faiblesse extrême. Perturbation du temps de réaction et diminution prononcée de la coordination	Wilson, 1943. Dans NIOSH, 1973
1100 à 100 ppm (2 semaines à 5 ans)	Hépatomégalie, légère intoxication, macrocytose, légère diminution des érythrocytes, lymphocytose absolue	Greenberg et coll., 1942. Dans NRC, 1981

1100 à 100 ppm (2 semaines à 5 ans)	Augmentation de l'hémoglobine et de la teneur corpusculaire moyenne en hémoglobine	Greenberg et coll., Dans NIOSH, 1973
800 ppm (8 h/j à 2 j/semaine pendant 3 mois)	Grande fatigue, nausées, confusion, démarche chancelante, manque de maîtrise de soi. Insomnie qui a persisté plusieurs jours après l'exposition	Von Oettingen et coll., 1942. Dans NRC, 1981
600 ppm (8 h/j, 2 j/semaine pendant 3 mois)	Fatigue extrême, confusion mentale, hilarité, nausées, violents maux de tête et étourdissements après 3 h d'exposition. Ultérieurement: nervosité et une certaine confusion mentale	Von Oettingen et coll., 1942. Dans NIOSH, 1973
400 ppm (8 h/j, 2 j/semaine pendant 3 mois)	Fatigue, confusion mentale, maux de tête, paresthésie cutanée, faiblesse, pupilles dilatées. Ultérieurement: fatigue, maux de tête, paresthésie cutanée, insomnie	Van Oettingen et coll., 1942. Dans NIOSH, 1973
300 ppm (8 h/j, 2 j/semaine pendant 3 mois)	Grande fatigue, maux de tête, faiblesse musculaire, incoordination, légère pâleur. Ultérieurement: fatigue, maux de tête, paresthésie cutanée, insomnie	Van Oettingen et coll., 1942. Dans NIOSH, 1973
300 à 200 ppm (plus de 10 ans)	Aucun signe d'atteinte ni d'effets toxiques sur le foie, d'anomalie apparente lors des tests neurologiques, ou de perturbations physiques	TOXLINE (en ligne), 1981
200 ppm (8 h/j, 2 j/semaine pendant 3 mois)	Paresthésie cutanée, confusion mentale, faiblesse musculaire, altération de la coordination, maux de tête, nausées et dilatation des pupilles	Von Oettingen et coll., 1942. Dans NRC, 1981
200 ppm (15 ans)	Aucune augmentation significative du nombre d'aberrations chromosomiques	Forni et coll., 1971. Dans NCR, 1981
125 ppm (plusieurs années)	Aucune modification de la fonction hépatique	Capellini, 1971. Dans NRC, 1981
100 ppm (8 h/j, 2 j/semaine pendant 3 mois)	Aucun effet précis	Von Oettingen et coll., 1942. Dans NRC, 1981
1,5 mg/m^3 (longue durée)	Aucun symptôme clinique d'intoxication, Perturbations de la structure des membranes érythrocytaires et de leur fonction et notamment modifications des molécules de phospholipides constitutives et moins bonne liaison entre les éléments qui constituent la membrane, macrocytose, augmentation de la résistance osmotique et réduction de la vie des érythrocytes	TOXLINE (en ligne), 1981
• CHEZ LE CHIEN		
2000 ppm (8 h/j, 6 j/semaine pendant 4 mois) suivies de 2660 ppm (8 h/j, 6 j/semaine pendant 2 mois)	Pendant les deux derniers mois d'exposition: intoxication du système nerveux central, incoordination et paralysie des pattes arrière. Aucune anomalie hématologique	Fabre et coll., 1955. Dans NIOSH, 1970
• CHEZ LE COBAYE		
1250 ppm (4 h/j, pendant 18 j)	Narcose	Smyth, 1928. Dans NRC, 1981
1000 ppm (4 h/j pendant plus de 18 j)	Aucune répercussion nuisible apparente	Smyth, 1928. Dans NCR, 1981
• CHEZ LE RAT		
2000 ppm (8 h/j pendant 32 semaines)	Aucune modification notable du poids corporel, des numérations leucocytaire, érythrocytaire et du	Takeuchi, 1969. Dans NIOSH, 1973.

	taux des molécules polynucléaires éosinophiles ou des teneurs en hémoglobine	
1000 ppm (6 h/j, 5 j/semaine pendant 13 semaines)	Aucun effet délétère	Rhudy, 1978. Dans NRC, 1981
610 mg/m^3 (4 h/j, pendant 4 mois)	Aberrations chromosomiques qui ont persisté un mois au moins après l'exposition. Leucose	Dobrokhotov, 1977. Dans NRC, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
1000, 100, 10 et 1 ppm (6 h/j, pendant 20 j)	Inhibition de l'activité locomotrice spontanée	Horiguch et coll., 1977. Dans NRC, 1981
500 mg/m^3 (24 h/j, du 6^e au 13^e jours de gestation)	Malformations squelettiques plus nombreuses; tératogénicité non prouvée	Hudak et Ungvary, 1978. Dans NRC, 1981

7.4.2 Ingestion

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
	A. Exposition de courte durée	
• CHEZ L'HOMME		
	Aucune donnée	
• CHEZ LE RAT		
7000 mg/kg	DL 50	Patty, 1951
5000 mg/kg	DL 50	GE, 1979
3000 mg/kg	DL 50	ITII, 1981
2500 mg/kg	Mortelle pour 30 % des animaux de laboratoire	Patty, 1981
6,4 ml/kg	DL 50 (jeunes adultes)	Patty, 1981
3 ml/kg	DL 50 (rats de 14 j)	Patty, 1981
7 g/kg	DL 50 (jeunes adultes)	Wolf et coll., 1956. Dans NRC, 1981
6,4 ml/kg	DL 50 (jeunes adultes)	Kimura et coll., 1971. Dans NRC, 1981
3 ml/kg	DL 50	*Ibid.*
1 ml/kg	DL 50	*Ibid.*
7000 ng/kg	TL 50	AAR, 1981
5850 ng/kg	DL 50	AAR, 1981
5000 ng/kg	DL 50	AAR, 1981
3000 ng/kg	DL 50	AAR, 1981
2850 ng/kg	DL 50 (jeunes rats)	AAR, 1981
	B. Exposition de longue durée	
• CHEZ LE RAT		
590 mg/kg (5 fois/semaine, pendant 6 mois)	Aucun effet sur le nombre de cellules osseuses ou sanguines	Wolfe et coll., 1956. Dans NRC, 1981
354 mg/kg (5 fois/semaine pendant 6 mois)	Aucun effet sur le nombre de cellules osseuses ou sanguines	Wolfe et coll., 1956. Dans NRC, 1981

118 mg/kg (5 fois/semaine pendant 6 mois)	Aucun effet sur le nombre de cellules osseuses ou sanguines	Wolfe et coll., 1956. Dans NRC, 1981
• CHEZ LE LAPIN		
700 mg/kg/j pendant 6 semaines	Aucune myélotoxicité	Speck et Moeschlin, 1968. Dans NIOSH, 1973
300 mg/kg/j, jusqu'à 9 semaines	Aucune myélotoxicité	Speck et Moeschlin, 1968. Dans NIOSH, 1973
• CHEZ LA SOURIS		
1,0 à 0,8 g/kg (12 j)	Plus grande fréquence d'aberrations chromosomiques des cellules osseuses	Lyapkalo, 1973. Dans NRC, 1981
1 mg/kg	Effets toxiques sur le sang, le thymus, la rate et la moelle osseuse	Gerarde, 1956. Dans NIOSH, 1973

7.4.3 Cancérogénicité

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ LE RAT		
Jusqu'à 300 ppm, jusqu'à 18 mois	Il n'est pas démontré qu'il est cancérogène à ces teneurs	PTP, 1981

7.4.4 Tératogénicité et mutagénicité

Exposition (teneur et durée)	Effets	Référence
• CHEZ L'HOMME		
200 ppm (15 ans)	Aucune augmentation importante du nombre d'aberrations chromosomiques	Forni et coll., 1971. Dans NRC, 1981
• CHEZ LE RAT		
610 mg/m^3 (4 h/j, pendant 4 mois)	Aberrations chromosomiques qui persistèrent un mois au moins après l'exposition; leucose	Dobrokhotov, 1977. Dans NRC, 1981
1,0 à 0,8 g/kg 12 j (voie sous-cutanée)	Aberrations chromosomiques des cellules osseuses chez 13,7 % des rats exposés, comparativement à 4,2 % chez les témoins	Lyapkalo, 1973. Dans NRC, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
500 mg/m^3 (24 h/j, du 6^e au 13^e jours de gestation)	Malformations squelettiques plus nombreuses; la tératogénicité n'est cependant pas prouvée. Retard dans le développement du foetus	Hudak and Unguary, 1978. Dans NRC, 1981
• BACTÉRIES, LEVURE ET LYMPHOME DE SOURIS	Tous les tests microbiens étaient négatifs; les résultats des tests bactériens variaient vu la très forte toxicité du toluène pour ces organismes	Litton Bionetics, Inc., 1978. Dans NRC, 1981

7.5 Symptômes de l'intoxication

Les symptômes et les troubles de nature courante mentionnés dans la plupart des ouvrages de référence ne sont pas accompagnés d'une référence précise. Seuls les symptômes ou troubles de nature inhabituelle sont référencés.

7.5.1 Inhalation

1. Lassitude, hilarité (NIOSH, 1973)
2. Maux de tête
3. Altération de la coordination et du temps de réaction (Sax, 1968)
4. Irritation des yeux et des voies respiratoires supérieures
5. Étourdissements, évanouissements, perte de connaissance (Wilson, 1943. Dans NRC, 1981)
6. Nausées, vomissements, respiration difficile (CHRIS, 1978)
7. Anesthésie, défaillance respiratoire (CHRIS, 1978)
8. Baisse de la pression artérielle systolique et ralentissement de la fréquence cardiaque (Oguta, 1970. Dans NRC, 1981)
9. Effets psychologiques (Patty, 1981)
10. À de fortes teneurs, le toluène cause des oedèmes pulmonaires (AAR, 1981)
11. Mort

7.5.2 Ingestion

1. Nausées
2. Dépression respiratoire (AAR, 1981)
3. Vomissements
4. Coliques et diarrhée (AAR, 1981)
5. Perte de connaissance (CHRIS, 1978)

7.5.3 Contact avec la peau

1. Irritation
2. Dissolution des lipides de la peau (GE, 1979)
3. Dermite, crevasses (NIOSH/OSHA, 1978)

7.5.4 Contact avec les yeux

1. Irritation des conjonctives
2. Lésions cornéennes transitoires (NIOSH/OSHA, 1978)

7.6 Toxicité des produits de décomposition ou de combustion pour l'homme

La combustion incomplète du toluène libère du monoxyde de carbone (AAR, 1981).

7.6.1 Monoxyde de carbone. – Le monoxyde de carbone est un gaz incolore et pratiquement inodore. C'est un asphyxiant chimique. Il cause de l'hypoxémie en se combinant avec l'hémoglobine, qui devient alors incapable de remplir sa fonction respiratoire, c'est-à-dire le transport d'oxygène vers les tissus. Une exposition prolongée au monoxyde de carbone entraîne la mort par asphyxie. L'exposition pas trop prolongée peut causer des maux de tête et affaiblir les facultés mentales. Si l'exposition n'est pas trop prolongée, les effets nocifs sont réversibles mais la dissociation de la carboxyhémoglobine s'opère très lentement. La TLV® du monoxyde de carbone est de 50 ppm (8 h – MPT) et de 400 ppm (STEL) (Doc. TLV, 1983).

8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le toluène et d'autres produits chimiques

Produit chimique ou groupe de produits chimiques	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques	Formation de substances d'une plus grande toxicité	Augmentation de la pression dans les récipients fermés	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Caractéristiques	Sources
En général														
Chaleur						•								Sax, 1979
Incendie		•											Très inflammable	Bretherick, 1979
Produits chimiques														
Acide nitrique		•	•										À 50 °C	Bretherick, 1979
1, 3-dichloro-5, 5-diméthyl-2, 4-imidazolidindione			•											Bretherick, 1979
Hexafluorure d'uranium									•				Avec les aromatiques	Bretherick, 1979
Perchlorate d'argent			•										Peut former des complexes explosifs	NFPA, 1978
Tétranitrométhane			•										Avec les hydrocarbures	Bretherick, 1979
Tétroxyde diazote			•										À 50 °C	Bretherick, 1979
Groupes de produits chimiques														
Agents oxydants forts		•							•					EPA-600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

L'information et les méthodes présentées dans cette section ont été tirées d'ouvrages publiés. Pour éviter toute erreur d'interprétation, la formulation originale a été conservée en dépit de contradictions apparentes entre les différentes sources d'information. Il faut cependant souligner le fait que les mesures de lutte sont propres à chaque situation et que des informations apparemment contradictoires, en général, peuvent s'avérer justes dans des cas particuliers. Les méthodes décrites ci-après ne doivent pas être interprétées comme une recommandation d'Environnement Canada.

9.1.1 Risques d'incendie. – Le toluène libère des vapeurs qui avec l'air forment des mélanges inflammables (NFPA, 1978; GE, 1979). Ces vapeurs se diffusent au-dessus de la surface du sol jusqu'à une source d'allumage, ce qui peut provoquer un retour de flamme (MCA, 1956). Lorsque l'acide nitrique et le toluène sont combinés à l'acide sulfurique ils forment des composés azotés dangereusement explosifs (GE, 1979).

9.1.2 Moyens d'extinction. – Refroidir les récipients touchés par le feu au moyen d'un jet d'eau pour prévenir les explosions. L'eau n'est toutefois pas toujours efficace pour éteindre le feu.

Petit feu: poudre sèche, CO_2, mousse, eau pulvérisée.

Grand feu: eau pulvérisée ou mousse.

Enlever les récipients de la zone d'incendie, si cela peut être fait sans danger et se tenir loin des extrémités des réservoirs. En cas d'incendie grave, utiliser des lances sur affûts ou des lances-tourelles (ERG, 1980).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement accidentel

9.1.3.1 Information générale. – Arrêter l'écoulement ou en réduire le débit, si cela ne présente aucun risque. Éliminer toute source d'inflammation. Éviter tout contact cutané avec le produit ou toute inhalation de ses vapeurs. Pulvériser de l'eau pour diminuer les vapeurs (ERG, 1980). Envisager l'application de mousse d'hydrofluorocarbone pour supprimer les vapeurs (EPA-670/2-75-042).

Il est possible d'appliquer les produits absorbants Cellosize et Hycar (marques déposées) pour supprimer les vapeurs et confiner les nappes de toluène (ICI, 1982).

Les récipients perforés doivent être transportés en plein air ou dans un endroit éloigné et bien ventilé, et leur contenu doit être transvidé dans d'autres récipients appropriés (MCA, 1956).

9.1.3.2 Déversements sur le sol. – Confiner la nappe, si possible. Enlever le liquide demeuré en surface à l'aide d'un équipement anti-déflagrant. Utiliser du sable, de la terre ou de la vermiculite pour absorber le résidu, puis ramasser à la pelle les matières imbibées et disposer dans des récipients métalliques munis d'un couvercle avant de les éliminer (ERG, 1980; GE, 1979). L'épandage de cendres volantes ou de ciment peut être envisagé. On peut appliquer un agent de gélification pour immobiliser le liquide déversé (EPA-670/2-75-042).

9.1.3.3 Déversements dans l'eau. – Dans la mesure du possible, confiner la nappe à l'aide de barrières flottantes ou d'obstacles naturels pour limiter l'étalement. L'utilisation d'agents tensio-actifs pour refouler, puis épaissir les matières déversées, est sujette à l'approbation des autorités environnementales. Enlever le liquide piégé à l'aide de boyaux d'aspiration (EPA-670/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Déversements sur le sol. – La nappe confinée peut être pompée ou soumise à l'action de sorbants. Du charbon actif peut être utilisé pour adsorber le liquide résiduel et les vapeurs. Enlever ensuite le toluène piégé pour l'éliminer (OHM-TADS, 1981).

9.1.4.2 Déversements dans l'eau. – Le liquide confiné à l'aide de barrières flottantes est enlevé à l'aide d'un dispositif d'écumage (OHM-TADS, 1981). La plupart des équipements et des méthodes utilisés pour les déversements d'hydrocarbures peuvent être utilisés (EPA-670/2-75-042). Du charbon actif dans une proportion de 10 p. 100 de la quantité déversée peut être appliqué sur la zone où l'on trouve une teneur en toluène de 10 mg/l ou plus (EPA-670/2-75-042). De la tourbe peut également être répandue sur la nappe (OHM-TADS, 1981).

9.1.4.3 Information générale. – Les solides contenus dans l'eau polluée peuvent être soumis à une séparation par gravité, puis la substance déversée est enlevée, à l'aide d'un dispositif d'écumage. On procède ensuite à la filtration sur deux milieux, suivie d'une adsorption sur charbon actif. La proportion recommandée de charbon est de 1 kg pour 10 kg de toluène dissous. Les eaux de rinçage provenant des unités de filtration et d'adsorption sont recirculées dans le séparateur par gravité (EPA-600/2-77-227).

Les techniques de traitement suivantes peuvent être utilisées dans la lutte contre les déversements.

Technique	% d'élimination (TSA, 1980)
Épuration biologique	48 à 100
Stripping	73 à 92
Extraction par solvant	94 à 96
Adsorption sur charbon	79 à 98

Technique	% maximal d'élimination (EPA-600/8-80-042E)
Clarification/sédimentation	69
Clarification/sédimentation avec addition de produits chimiques (alun)	93
Clarification/sédimentation avec addition de produits chimiques (alun, polymères)	73
Clarification/sédimentation avec addition de produits chimiques (alun, chaux)	96
Flottation par air dissous	92
Flottation par air dissous avec addition de produits chimiques (polymères, chlorure de calcium)	65
Flottation par air dissous avec addition de produits chimiques (polymères)	59

Filtration dans une masse granuleuse	> 99
Boues activées	> 99
Étang d'aération	> 95
Extraction par solvant	96
Adsorption sur charbon actif granuleux	> 99
Addition de charbon actif pulvérisé (avec boues activées)	79

9.1.5 Élimination du polluant. – Il ne faut jamais déverser le polluant dans des égouts ou des eaux surperficielles. On doit considérer les possibilités de le récupérer par distillation ou de l'éliminer en faisant appel à une entreprise autorisée. Le produit peut être incinéré sous surveillance en y ajoutant un solvant combustible pour améliorer la combustion (OHM-TADS. 1981).

9.1.6 Données relatives à la filtration sur charbon (EPA-600/8-80-023). – Le toluène peut être extrait de l'eau au moyen d'un lit de filtration au charbon pulvérisé à un étage ou par adsorption sur colonne de charbon granuleux. Pour ce faire, on recommande d'utiliser les données suivantes dérivées de la formule d'adsorption de Freundlich. Cette formule est présentée en détail dans le Manuel d'introduction Enviroguide.

Lit de filtration au charbon pulvérisé à un étage

Teneur initiale (mg/l)	Doses de charbon (mg/l)	Teneur finale (mg/l)
1,0	96	0,1
1,0	290	0,01
0,1	820	0,001
0,1	27	0,01
0,1	81	0,001
0,01	7,4	0,001

Adsorption sur colonne de charbon granuleux (données estimatives)

Teneur initiale (mg/l)	Doses de charbon nécessaire (mg/l)
1,0	38
0,1	11
0,01	2,9

Ces doses de charbon valent pour le benzène dans une eau à pH neutre.

9.1.7 Mesures de protection. – Avant d'entrer dans une zone où ni la matière déversée ni ses propriétés ne sont connues, il est essentiel de se munir d'un appareil respiratoire autonome et de revêtir une combinaison de protection entièrement étanche aux produits chimiques.

Si la matière déversée est du toluène, il faut: a) fournir au personnel d'intervention des vêtements étanches, des gants, des visières (minimum de 8 po) et tout autre vêtement de protection nécessaire pour prévenir un contact répété ou prolongé de la peau avec le toluène liquide; les gants et les survêtements de néoprène sont recommandés, tandis que les gants et vêtements de caoutchouc ne le sont pas; b) enlever immédiatement tous les vêtements non imperméables

éclaboussés de toluène et ne pas les porter avant que le produit en ait été éliminé; c) fournir au personnel des lunettes de sécurité, s'il y a risque d'éclaboussures accidentelles du liquide dans les yeux (NIOSH/OSHA, 1978); d) assurer l'accès, à proximité de la zone de manutention du toluène, de douches de sécurité et de postes de lavage des yeux (GE, 1979).

Voici une liste d'appareils respiratoires et de masques filtrants qui satisfont aux conditions minimales de protection du personnel d'intervention exposé au toluène (NIOSH/OSHA, 1978).

Une protection minimale des voies respiratoires doit être assurée lorsque la teneur en vapeurs dépasse 200 ppm.

Teneur	Appareil et masque*
500 ppm ou moins	Tout appareil respiratoire muni de cartouches anti-vapeurs organiques. Tout appareil respiratoire à adduction d'air pur. Tout appareil respiratoire autonome.
1000 ppm ou moins	Masque facial complet** muni de cartouches anti-vapeurs organiques.
2000 ppm ou moins	Masque à gaz à cartouche anti-vapeurs organiques montée sous le menton, à l'avant ou à l'arrière de la tête. Tout appareil respiratoire à adduction d'air muni d'un masque facial complet, d'un casque ou d'une cagoule. Tout appareil respiratoire autonome muni d'un masque facial complet.
Teneur inconnue ou supérieure à 2000 ppm	Appareil respiratoire autonome muni d'un masque facial complet et fonctionnant à pression réglable ou à pression super-atmosphérique. Ensemble comprenant un appareil respiratoire à adduction d'air de type C avec masque facial complet fonctionnant à pression réglable ou autre mode de pression super-atmosphérique ou à débit constant et un appareil respiratoire auxiliaire autonome fonctionnant à pression réglable ou autre mode de pression super-atmosphérique.
Lutte contre l'incendie	Appareil respiratoire autonome avec masque facial complet fonctionnant à pression réglable ou autre mode de pression super-atmosphérique.
Évacuation des lieux	Tout masque à gaz étanche aux vapeurs organiques. Tout appareil respiratoire autonome permettant d'évacuer les lieux.

* Seuls les appareils approuvés par le NIOSH ou la OSHA doivent être utilisés.

** À distinguer du masque bucco-nasal, plus petit.

9.1.8 Précautions spéciales. – Il faut entreposer le produit dans un local propre, bien ventilé, loin des sources de chaleur ou d'inflammation et des agents oxydants. Il est interdit de fumer dans les zones d'entreposage ou d'utilisation. Des appareils antidéflagrants doivent être utilisés. Il faut utiliser des bidons de sécurité pour les petites quantités de toluène. Lorsqu'il faut transvaser le liquide, utiliser des récipients de métal frettés et mis à la masse pour prévenir les étincelles provoquées par les décharges d'électricité statique. Les récipients doivent être protégés contre les chocs ou les manoeuvres susceptibles de les endommager (GE, 1979).

9.2 Équipements, produits et techniques d'intervention

Les équipements, produits et techniques décrits ci-après ont subi des essais et leur efficacité a été reconnue dans la lutte contre les déversements de toluène. L'information est tirée d'une étude antérieure (Dillon, 1982). Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive et de plus amples détails peuvent être trouvés dans l'étude déjà citée.

Obturation des fuites	Rockwell External Leak Plugging System
Suppression de vapeurs	Mousses National, Lorcon, Rockwood, 3M et MSA
Récupération de matières flottant sur l'eau	Gélifiant au carbonate d'amine et dispositif d'application
Pompage des liquides	U.S. Coast Guard ADAPTS
Élimination du produit déversé dans l'eau	Remorqueur d'écumage physico-chimique de l'EPA
Agents de traitement	Hazorb (sorbant)

10 CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS

Les informations relatives aux déversements accidentels antérieurs contenues dans la présente section aideront le lecteur à comprendre les mesures d'intervention prises en cas de déversements accidentels. Seuls les cas qui présentent un intérêt pour le lecteur sont inclus dans la présente section; en conséquence, le nombre de cas décrits ne traduit ni l'ampleur du problème ni la fréquence des déversements.

Toute nouvelle information pertinente sera incluse dans les révisions ultérieures du manuel, au fur et à mesure des progrès réalisés dans le domaine des techniques d'intervention.

10.1 Déraillement d'un train de wagons-citernes (HMIR, 1981)

Un déraillement a eu lieu dans une zone urbaine. Deux wagons-citernes contenant du toluène ont été renversés et ont heurté la chaussée en asphalte à une intersection routière. L'une des citernes a été perforée et son contenu d'environ 98 000 l a été entièrement répandu alors que la moitié du contenu de l'autre s'est échappée par le dôme. Un troisième wagon-citerne transportant du toluène et quatre autres wagons-citernes remplis d'ammoniac anhydre avaient également déraillés sans subir de perforation. Arrivés sur les lieux, les pompiers ont vaporisé de l'eau pour refroidir les citernes d'ammoniac afin d'éviter qu'elles n'explosent. Une centaine de personnes ont été évacuées du voisinage du déversement. Des équipes de nettoyage sont arrivées sur les lieux du déversement quelques heures plus tard et ont remarqué que la plus grande partie du toluène déversé avait coulé dans un fossé adjacent à la voie de chemin de fer, puis dans une aire marécageuse située à environ 400 m. Approximativement 152 000 litres d'eau polluée contenant environ 50 p. 100 de toluène ont été pompés des fossés et de l'aire marécageuse à l'aide de camions-pompes. L'eau polluée a été acheminée jusqu'à une installation de récupération de solvant. Approximativement 2300 m^3 de sol pollué et d'asphalte ont été enlevés du lieu du déversement et déposés dans un site d'enfouissement de déchets dangereux. Dans certains endroits, il a fallu creuser jusqu'à 3 mètres pour enlever le sol pollué. Aucun dommage sérieux n'a été causé à l'environnement à la suite de l'accident.

Cet accident démontre qu'un nettoyage important s'impose si le toluène s'est écoulé du lieu du déversement. Si le liquide déversé et les eaux polluées avaient été confinés aussitôt après le déversement, les opérations de nettoyage en auraient été diminuées. L'utilisation de camions-pompes et d'une installation de récupération de solvant s'est avérée efficace.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DES POLLUANTS

Nous avons procédé de la façon suivante pour tous les produits chimiques d'intérêt prioritaire. Les méthodes décrites servent à l'analyse d'échantillons d'air, d'eau et de sol dans un laboratoire de chimie possédant un équipement standard et situé loin du lieu du déversement. Nous avons consulté les sources habituelles exposant les techniques et méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association (AWWA), de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) et de l'American National Standards Institute (ANSI).

Lorsque les techniques normalisées ou recommandées étaient jugées fiables et assez spécifiques pour permettre d'analyser des échantillons provenant de l'environnement ou des matières recueillies sur les lieux du déversement et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyses quantitatives)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse (NIOSH, 1977). – On peut doser le toluène par chromatographie en phase gazeuse (CPG) lorsqu'il est présent dans l'air à des teneurs comprises entre 145,5 et 582 ppm. C'est la méthode la plus pratique pour identifier et mesurer de nombreux composés organiques volatils. On utilise les temps de rétention ou l'indice de Kovats pour identifier le composé, mais pour confirmer sa présence il faut utiliser plus d'une colonne, des détecteurs spéciaux, et il faut ensemencer (ou enrichir) l'échantillon avec le composé dont on soupçonne la présence ou combiner la CPG et la spectrométrie de masse (SM).

On aspire un volume d'air connu au moyen d'un tube de prise d'échantillon en verre. La partie antérieure est remplie de 100 mg de charbon actif séparé de 50 mg de charbon dans la section postérieure par 2 mm de mousse d'uréthane. L'efficacité de la désorption du charbon doit être connue ou déterminée si l'on veut obtenir des résultats fiables. On recommande de prélever un échantillon d'air de 2 litres, ou d'une quantité moindre en présence d'une grande quantité de toluène. On désorbe l'échantillon avec 1,0 ml de disulfure de carbone (0,5 ml selon une autre source). On procède au dosage par chromatographie en phase gazeuse (CPG) avec un détecteur à ionisation de flamme (DIF) à l'aide d'une colonne garnie de Porapak Q de 50 à 80 mesh. En présence d'un taux d'humidité élevé, la condensation de vapeur d'eau réduit l'efficacité d'adsorption du charbon et la teneur en toluène peut sembler plus faible qu'elle ne l'est réellement. La perte d'une partie de l'échantillon causée par la surcharge du tube de charbon peut aussi donner des résultats plus faibles. Cette surcharge peut être déterminée en désorbant séparément le charbon de la partie antérieure et de la partie postérieure. Il y a surcharge du tube si la désorption de la partie postérieure est 25 p. 100 plus élevée que celle de la partie antérieure. L'un des avantages de cette méthode est qu'en cas de déversement d'un mélange de matières, deux ou plusieurs substances peuvent être dosées simultanément.

D'autres méthodes de prélèvement d'échantillons peuvent être utiles dans certaines circonstances. Un échantillon d'air de 1 litre peut être prélevé et une partie aliquote de 50 ml injectée

dans un piège froid à -80 °C, garni de Dow-Corning SF200 à 20 p. 100 sur Columnpak de 60 à 80 mesh. Le toluène est libéré en chauffant le piège à 100 °C (Pilar, 1973).

Si l'on utilise un chromatographe en phase gazeuse sur les lieux mêmes du déversement, on peut se servir d'une vanne d'introduction de gaz. L'air extérieur est injecté directement par une boucle d'introduction de 1 cm^3 au moyen d'une pompe à diaphragme (Hester, 1979). Ce dispositif permet de surveiller continuellement le dosage. Il est encore possible d'aspirer l'échantillon dans un tube d'adsorption garni de Porapak Q de 80 à 100 mesh. L'échantillon est désorbé thermiquement à 250 °C directement dans le chromatographe en phase gazeuse (Baxter, 1980). Les avantages de ces méthodes sont notamment la simplification de la préparation de l'échantillon et l'élimination de l'interférence du solvant sur le chromatographe.

Il est également possible d'utiliser des colonnes garnies de Carbowax à 10 p. 100 sur du Chromosorb W de 80 à 100 mesh (ASTM, 1981), de 1, 2, 3-tris(2-cyanoethoxy) propane à 10 p. 100 sur Chromosorb PAW de 100 à 200 mesh (Hester, 1979), d'OV-101 (ou de SE-30) à 1 p. 100 sur Chromosorb W de 100 à 200 mesh (Jones, 1976; IERL, 1976) et de N, N-bis-2-cyano-éthylformamide à 30 p. 100 sur support rose de 80 à 100 mesh (Baxter, 1980).

L'utilisation d'un détecteur à photo-ionisation (DPI) plutôt que d'un détecteur à ionisation de flamme (DIF) permet de détecter des teneurs inférieures à une partie par milliard sans préconcentration ni piégeage. Il peut devenir nécessaire de diluer l'échantillon si l'analyse par CPG-DPI se fait dans une unité mobile sur les lieux de l'accident, là où la teneur risque de dépasser la plage du détecteur (Hester, 1979). Les détecteurs à absorptiométrie dans l'infrarouge utilisant comme source des lasers à monoxyde ou dioxyde de carbone ont une limite de détection de 3 ppb de toluène (Kreuzer, 1972).

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

L'air est aspiré dans un tube en verre comme il est indiqué en 11.1.1. L'échantillon est désorbé avec du chloroforme et identifié par la réaction d'alkylation de Friedel et Crafts. On introduit 100 mg environ de chlorure d'aluminium anhydre dans un tube à essais et on chauffe jusqu'à sublimation. Une fois qu'il a refroidi, on ajoute une goutte de l'extrait et deux gouttes de chloroforme, puis on agite. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un noyau aromatique.

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyses quantitatives)

11.3.1 Chromatographie en phase gazeuse (ASTM, 1979). – On peut mesurer les teneurs en toluène supérieures à 1 ppm en injectant directement l'échantillon d'eau dans le chromatographe en phase gazeuse (CPG). C'est la meilleure technique pour identifier un produit déversé ou doser de faibles teneurs en toluène (voir 11.1.1).

On prélève un échantillon représentatif dans une bouteille en verre. L'analyse se fait par CPG à l'aide de colonnes et de détecteurs décrits en 11.1.1. Si la teneur est inférieure à 1 ppm, on peut concentrer l'échantillon par évaporation, congélation, extraction par solvant ou adsorption sur charbon actif. Les échantillons à forte teneur peuvent être dilués. On élimine les particules ou la matière en suspension par centrifugation ou par filtration sur membrane. L'acidification de l'échantillon facilitera la dissolution des particules. L'un des avantages de cette méthode est qu'en cas de déversement d'un mélange de matières, deux ou plusieurs substances peuvent être dosées simultanément. On peut combiner la CPG et la spectrométrie de masse pour confirmer le contenu de l'échantillon.

11.3.2 **Spectroscopie de l'infrarouge** (AWWA, 1976). – On peut mesurer des teneurs en toluène dans l'eau comprises entre 4 et 40 ppm avec une précision de ± 10 p. 100 en utilisant des cellules de 1 cm de longueur. Approximativement 1 litre d'eau est échantillonné. On détermine le volume avec exactitude, puis l'échantillon est acidifié avec de l'acide chlorhydrique. Le toluène est ensuite extrait en utilisant du fréon 113® (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane). Le rendement de l'extraction est de 99 p. 100. On utilise des cuves de quartz identiques, l'une contenant du fréon 113® et l'autre, le toluène extrait à l'aide de fréon 113® . La cuve contenant du fréon 113® est traversée par le faisceau de référence d'un spectrophotomètre IR enregistreur à double faisceau, puis l'échantillon est balayé entre les nombres d'onde 3200 cm^{-1} et 2700 cm^{-1}. Cette méthode a l'avantage de minimiser la perte par évaporation, contrairement à d'autres méthodes qui nécessitent le chauffage de l'échantillon. La sensibilité obtenue est faible, mais suffisante dans le cas d'un déversement. Elle n'est pas spécifique, de sorte que l'identité du produit déversé doit être connue.

11.3.3 **Gravimétrie** (AWWA, 1976). – Cette technique convient dans le cas de teneurs de plus de 10 ppm. La précision est ± 6 p. 100.

On recueille un litre d'échantillon, dont on détermine le volume avec précision, puis on l'acidifie avec de l'acide chlorhydrique. Le toluène est extrait au moyen de fréon 113® (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane). Le taux de rendement est de 99 p. 100. Le fréon 113® est distillé dans le flacon d'extraction placé au bain-marie à 70 °C. Il peut se produire des pertes si la température n'est pas soigneusement maintenue. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute pour éliminer toute trace de fréon. On refroidit le flacon, puis on le pèse. Il s'agit d'une technique simple, économique, qui n'exige aucun appareil compliqué. Elle n'est pas très sensible, ni particulièrement spécifique, mais elle convient dans les cas de déversements accidentels de matières connues.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

On extrait au chloroforme l'échantillon d'eau, puis on utilise la réaction d'alkylation de Friedel et Crafts pour identifier les hydrocarbures aromatiques. On introduit 100 mg environ de chlorure d'aluminium anhydre dans un tube à essais, puis on le chauffe jusqu'à sublimation. Lorsqu'il s'est refroidi, on ajoute une goutte de l'extrait et deux gouttes de chloroforme, en agitant. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un noyau aromatique (Owen, 1969). La spectroscopie de l'infrarouge décrite en 11.3.2 peut servir à identifier le produit de façon qualitative par observation de bandes dans la zone d'absorption comprise dans la gamme de nombres d'onde entre 3200 cm^{-1} et 2700 cm^{-1} (AWWA, 1976).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyses quantitatives)

11.5.1 **Chromatographie en phase gazeuse** (NIOSH, 1977; ASTM, 1979). – On peut détecter des teneurs en toluène de l'ordre du ppm (10^{-6}) grâce à un détecteur à ionisation de flamme. La limite de détection peut être étendue jusqu'à 10^{-9} lorsqu'on utilise un détecteur à photo-ionisation.

On introduit dans un flacon en verre 20 g de sol, pesé avec précision, que l'on sèche en ajoutant du sulfate de magnésium. On utilise du fréon 113® (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane) pour extraire le toluène du sol. Le fréon est distillé dans le flacon placé au bain-marie

à 70 °C. Il peut se produire des pertes d'échantillon si la température n'est pas maintenue constante. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute pour éliminer toute trace de fréon. On dissout le résidu dans du disulfure de carbone. Puis, on injecte la solution dans un chromatographe en phase gazeuse pourvu d'une colonne et d'un détecteur comme ceux qui sont décrits en 11.1.1. C'est la technique par excellence pour identifier une matière déversée ou pour déceler de faibles teneurs en toluène.

11.5.2 **Spectroscopie de l'infrarouge** (AWWA, 1976). – On peut mesurer des teneurs en toluène allant de 4 à 40 ppm dans le sol au moyen de cellules de 1 cm de longueur.

On introduit dans un flacon en verre 20 g de sol, pesé avec précision, qu'on sèche en ajoutant du sulfate de magnésium. Le fréon 113® (1, 1, 2-trichioro-1, 2, 2-trifluoroéthane) sert à extraire le toluène du sol. Deux cuves de quartz identiques sont utilisées, l'une contenant le toluène extrait à l'aide de fréon 113®, l'autre contenant uniquement du fréon 113®. La cuve contenant du fréon 113® est traversée par le faisceau de référence d'un spectrophotomètre IR enregistreur à double faisceau, puis l'échantillon est balayé entre les nombres d'onde 3200 cm^{-1} et 2700 cm^{-1}. Cette technique est simple et économique. Elle n'est pas très sensible, mais elle convient dans le cas de déversements de produits dont la composition est connue.

11.5.3 **Gravimétrie** (AWWA, 1976). – On utilise la gravimétrie pour mesurer des teneurs en toluène du sol supérieures à 10 ppm. On introduit 20 g de sol, pesé avec précision, dans un flacon en verre, puis on les sèche en utilisant du sulfate de magnésium. On utilise le fréon 113® (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane) pour extraire le toluène qu'on distille dans un flacon placé au bain-marie. Il faut maintenir la température à 70 °C pour éviter les pertes d'échantillon. On fait passer de l'air dans le flacon pendant la dernière minute. Ce dernier est ensuite refroidi et pesé. La technique est simple et économique. Elle manque de sensibilité et de spécificité, mais elle convient dans le cas du déversement d'un produit dont la composition est connue.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

La réaction d'alkylation de Friedel et Crafts sert à identifier les hydrocarbures aromatiques. On extrait un échantillon du sol au moyen de fréon 113® (1, 1, 2-trichloro-1, 2, 2-trifluoroéthane), puis on évapore le fréon de la manière indiquée en 11.5.3. Le résidu est placé dans le chloroforme. On introduit dans un tube à essais 100 mg de chlorure d'aluminium anhydre qu'on chauffe jusqu'à sublimation. Une fois qu'il s'est refroidi, on ajoute plusieurs gouttes du chloroforme contenant le résidu, en agitant. L'apparition d'une couleur rouge orangé indique la présence d'un noyau aromatique (Gilreath, 1954).

La spectroscopie de l'infrarouge (IR) décrite en 11.5.2 peut être utilisée pour détecter le toluène de façon qualitative, par observation de bandes dans la zone d'absorption comprise entre les nombres d'onde 3200 cm^{-1} et 2700 cm^{-1} (AWWA, 1976).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE*

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

API 1982: Hazardous Substances Spill Contingency Planning Guide: Specific Materials: 2. Toluene, Prepared for the American Petroleum Institute by Rockwell International, Newbury Park, California. (1982).

APOP 1975: National Academy of Sciences, Assessing Potential Ocean Pollutants, Washington, D.C. (1975).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

ASTM 1981: American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 26: Gaseous Fuels; Coal and Coke; Atmospheric Analysis, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D3687-78. (1981).

AWWA 1976: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 515-521. (1976).

Bakke 1979: Bakke, T., Skjoldal, H.R., "Effects of Toluene on the Survival, Respiration and Adenylate System of a Marine Isopod", Marine Pollution Bulletin, Vol. 10, No. 4, pp. 111-115. (1979).

Baxter 1980: Baxter, H.G., Blakemore, R., Moore, J.P., "The Measurement of Airborne Benzene Vapour", Ann. Occup. Hyg., Vol. 23, p. 117. (1980).

Berry 1980: Berry, W.O., "A Comparative Study of the Uptake of Toluene by Bluegill Sunfish (Lepomis macrochirus) and Crayfish (Orconectes rusticus)", Environ. Pollut. Ser. A. Ecol. Biol., Vol. 21, No. 2, pp. 109-120. (1980).

Blokker 1971: Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71. Milan, Italy. (November, 1971).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Brown 1978: Brown, R.A., Weiss, F.T., Fate and Effects of Poly-nuclear Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment, American Petroleum Institute, Washington, D.C. (September, 1978).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

* Listes reproduites de l'édition anglaise

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

Chem. Eng. 1975: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 82, No. 20, pp. 73-81. (29 September 1975).

Chiou and Schmedding 1982: Chiou, C.T., Schmedding, D.W., "Partitioning of Organic Compounds in Octanol-Water Systems", Environ. Sci. Technol., Vol. 16, No. 1, pp. 4-10. (1982).

CHRIS 1974: U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-446-3. (April, 1974).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Toluene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (April, 1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

Dow ERIS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (23 July 1979).

Dow MSDS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario. (30 July 1979).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

DPPED 1967: DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Eisenberg 1975: Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Inc., Rockville, Maryland. (December, 1975).

Elovaara 1979: Elovaara, E., Hemminki, K., Vainio, H., "Effects of Methylene Chloride, Trichloroethane, Trichloroethylene, Tetrachloroethylene and Toluene on the Development of Chick Embryos", Toxicology, Vol. 12, No. 2, pp. 111-120. (1979).

EPA 440/9-75-009: Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Standards, Washington, D.C., EPA 440/9-75-009. (November, 1975).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 660/2-77-227. (November, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

EPA 600/8-80-023: Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

EPA 600/8-80-042E: Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C., EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

Finachem PDS 1981: Finachem Canada Inc., Toluene Production Data Sheet, Montreal, Quebec. (1981).

Finachem PI 1979: Finachem Canada Inc., Aromatic Solvents Production Information, Montreal, Quebec. (September, 1979).

Fingas 1979: Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

Fingas 1980: Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1980).

FKC 1975: Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, New York. (1975).

Freeze and Cherry 1979: Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. (1979).

GE 1979: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1979).

GF: GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

Haque 1974: Haque, R., Schmedding, D.W., Freed, U.H., "Aqueous Solubility, Adsorption and Vapour Behavior of Polychlorinated Biphenyl 1254", Environ. Sci. Technol., Vol. 8, No. 2. (February, 1974).

Hester 1979: Hester, N.E., Meyer, R.A., "A Sensitive Technique for Measurement of Benzene and Alkylbenzenes in Air", Environ. Sci. Technol., Vol. 13, No. 1, p. 107. (1979).

HIS 1969: Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

HMIR 1981: World Information Systems, "Derailed Tank Cars Spill Sodium Hydroxide in Saskatchewan", Hazardous Material Intelligence Report, p. 4. (27 November 1981).

ICI 1982: Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Chesnire, England. (April, 1982).

IERL 1976: Environmental Protection Agency, TRW Systems Group, IERL-RTP Procedures Manual: Level of Environmental Assessment, Washington, D.C., EPA 600/2-76-160a. (June, 1976).

ILO 1980: International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

ITII 1981: International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Johnson 1980: Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., p. 85. (1980).

Jones 1971: Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey, pp. 8-25. (1971).

Jones 1976: Jones, P.W., et al., Technical Manual for Analysis of Organic Materials in Process Streams, Battelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio. (January, 1976).

JSSV 1979: Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Juhnke 1978: Juhnke, I., Luedemann, D., "Results of the Study of 200 Chemical Compounds on Acute Fish Toxicity Using the Golden Orfe Test", Z. Wasser Abwasser Forsch., Vol. 11, No. 5, pp. 161-164. (1978).

Kamilova 1979: Kamilova, R.M., Khikmatov, A.K., Pazylova, S.S., Mukhamedova, K.M., "Response of Regional Cotton Varieties to Toluene During Germination", Uzb. Biol. Zh., No. 4, pp. 26-28. (1979).

Kirk-Othmer 1983: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd. Edition, Vol. 23, John Wiley & Sons, New York. (1983).

Kreuzer 1972: Kreuzer, L.B., Kenyon, N.D., Patel, C.K.N., "Air Pollution: Sensitive Detection of Ten Pollutant Gases by Carbon Monoxide and Carbon Dioxide Lazers", Science, Vol. 177, p. 377. (1972).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents-For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Pennsylvania. (1980).

MacKay and Walkoff 1973: MacKay, D., Walkoff, R.W. "Rate of Evaporation of Low-solubility Contaminants from Water Bodies to Atmosphere", Environ. Sci. Technol., Vol. 7, No. 7. (July, 1973).

MCA 1956: Manufacturing Chemists Association, Toluene, Washington, D.C. (1956).

MHSSW 1976: North Atlantic Treaty Organization (NATO), Manual on Hazardous Substances in Special Wastes, Federal Environmental Agency, Waste Management Division, Berlin, West Germany. (October, 1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

NIOSH 1977: National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 343., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

NRC 1981: United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assemble of Life Sciences, National Academy Press, Washington, D.C. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Owen 1969: Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, New York, p. 67. (1969).

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Perry 1973: Perry, R.H., Chilton, C.H. (ed.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pickering 1966: Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

Pilar 1973: Graydon, W.F., "Benzene and Toluene Distribution in Toronto Atmosphere, J. Environ. Sci. Technol., Vol. 7, p. 628. (1973).

Price 1974: Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and Seawater B.O.D. of Petrochemicals", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 46, No. 1. (January, 1974).

PTP 1980: Sittig, M. (ed.), Priority Toxic Pollutants, Health Impacts and Allowable Limits, Noyes Data Corp., New Jersey, pp. 334-337. (1980).

Raj 1974: Raj, P.P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., p. 238. (January, 1974).

Rosenstock 1977: Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Rouse 1961: Rouse. H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, New York. (1961).

RTDCR 1974: Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Spehar 1981: Spehar, R.L., Lemke, A.E., et al., "Effects of Pollution on Freshwater Fish", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 1028-1076. (June, 1981).

Stoss 1979: Stoss, F.W., Haines, T.A., "The Effects of Toluene on Embryos and Fry of the Japanese Medaka (Oryzias latipes) with a Proposal for Rapid Determination of Maximum Acceptable Toxicant Concentration", Environ. Pollut., Vol. 20, No. 2, pp. 139-148. (1979).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, New York. (1971).

Sussex 1977: Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Texaco MSDS: Texaco Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Don Mills, Ontario. Not dated.

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, Ohio. (1983).

Toxline (on-line) 1981: Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

TPS 1978: GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

TSA 1980: Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. (1980).

Verschueren 1977: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario, p. 48. (November, 1978).

WQC 1963: McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972: A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 142. (1972).

WQCDB-1 1970: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Organic Chemical Pollution of Freshwater, A.D. Little Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1, p. 242. (1970).

WQCDB-3 1971: Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, p. 315, A-125 (May, 1971).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, Ohio. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, Ohio. (1983).

American Petroleum Institute, Hazardous Substances Spill Contingency Planning Guide: Specific Materials: 2. Toluene, Prepared for API by Rockwell International, Newbury Park, California. (1982).

American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, ASTM Data Series DS-48A. (1980).

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, Part 26: Gaseous Fuels; Coal and Coke; Atmospheric Analysis, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania, D3687-78. (1981).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th Edition, American Public Health Association, Washington, D.C., pp. 515-521. (1976).

Bakke, T., Skjoldal, H.R., "Effects of Toluene on the Survival, Respiration and Adenylate System of a Marine Isopod", Marine Pollution Bulletin, Vol. 10, No. 4, pp. 111-115. (1979).

Baxter, H.G., Blakemore, R., Moore, J.P., "The Measurement of Airborne Benzene Vapour", Ann. Occup. Hyg., Vol. 23, p. 117. (1980).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, Virginia. (May, 1981).

Berry, W.O., "A Comparative Study of the Uptake of Toluene by Bluegill Sunfish (Lepomis macrochirus) and Crayfish (Orconectes rusticus)", Environ. Pollut. Ser. A. Ecol. Biol., Vol. 21, No. 2, pp. 109-120. (1980).

Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy. (November, 1971).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Brown, R.A., Weiss, F.T., Fate and Effects of Poly-nuclear Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment, American Petroleum Institute, Washington, D.C. (September, 1978).

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Canadian Transport Commission, Regulations for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, published by Supply & Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Chiou, C.T., Schmedding, D.W., "Partitioning of Organic Compounds in Octanol-Water Systems", Environ. Sci. Technol., Vol. 16, No. 1, pp. 4-10. (1982).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (eds.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Toluene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (April, 1983).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1979).

M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, Ohio, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

DOM-X, DOM-X Plastic Pipe Engineering Data, Toronto, Ontario. (1967).

Dow Chemical Canada Inc., Emergency Response Information Sheet, Sarnia, Ontario. (23 July 1979).

Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario. (30 July 1979).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, Michigan. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, Michigan, Brochure 178-102-72. (1972).

Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Inc., Rockville, Maryland. (December, 1975).

Elovaara, E., Hemminki, K., Vainio, H., "Effects of Methylene Chloride, Trichloroethane, Trichloroethylene, Tetrachloroethylene and Toluene on the Development of Chick Embryos", Toxicology, Vol. 12, No. 2, pp. 111-120. (1979).

Environmental Protection Agency, Supplement to Development Document: Hazardous Substances Regulations, Section 311 Federal Water Pollution Control Act, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water and Standards, Washington, D.C., EPA 440/9-75-009. (November, 1975).

Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, D.C., EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

Environmental Protection Agency, TRW Systems Group, IERL-RTP Procedures Manual: Level of Environmental Assessment, Washington, D.C., EPA 600/2-76-160a. (June, 1976).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Organic Chemical Pollution of Freshwater, A.D. Little Inc., U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 1, p. 242. (1970).

Environmental Protection Agency, Water Quality Criteria Data Book: Effects of Chemicals on Aquatic Life, U.S. Environmental Protection Agency, Water Quality Office, Washington, D.C., Vol. 3, p. 315, A-125. (May, 1971).

Finachem Canada Inc., Toluene Production Data Sheet, Montreal, Quebec. (1981).

Finachem Canada Inc., Aromatic Solvents Production Information, Montreal, Quebec. (September, 1979).

Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1980).

Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. (1979).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, Illinois. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, New York. (August, 1979).

GF Plastic Systems Inc., GF Plastic Systems, Santa Ana, California. Not dated.

Graydon, W.F., "Benzene and Toluene Distribution in Toronto Atmosphere, J. Environ. Sci. Technol., Vol. 7, p. 628. (1973).

GSR Fluid Handling, Thermoplastic Piping Systems, Sun Valley, California. (1978).

Haque, R., Schmedding, D.W., Freed, U.H., "Aqueous Solubility, Adsorption and Vapour Behavior of Polychlorinated Biphenyl 1254", Environ. Sci. Technol., Vol. 8, No. 2. (February, 1974).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. (April, 1980).

Hester, N.E., Meyer, R.A., "A Sensitive Technique for Measurement of Benzene and Alkylbenzenes in Air", Environ. Sci. Technol., Vol. 13, No. 1, p. 107. (1979).

Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 660/2-77-227. (November, 1977).

Hydraulic Institute, Hydraulic Institute Standards, 12th Edition, New York, New York. (1969).

Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England. (April, 1982).

International Labour Organization, Occupational Exposure Limits for Airborne Toxic Substances, Second (Revised) Edition, Geneva, Switzerland. (1980).

International Technical Information Institute, Toxic and Hazardous Industrial Chemicals Safety Manual for Handling and Disposal with Toxicity and Hazard Data, Japan. (1981).

Jenkins Brothers, Jenkins Corrosion Resistant Stainless Steel Valves, New York, New York. (1979).

Johnson, W.W., Finley, M.T., Handbook of Acute Toxicity of Chemicals to Fish and Aquatic Invertebrates, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., p. 85. (1980).

Jones, H.R., Environmental Control in the Organic and Petrochemical Industries, Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey, pp. 8-25. (1971).

Jones, P.W., et al., Technical Manual for Analysis of Organic Materials in Process Streams, Battelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio. (January, 1976).

Juhnke, I., Luedemann, D., "Results of the Study of 200 Chemical Compounds on Acute Fish Toxicity Using the Golden Orfe Test", Z. Wasser Abwasser Forsch., Vol. 11, No. 5, pp. 161-164. (1978).

Kamilova, R.M., Khikmatov, A.K., Pazylova, S.S., Mukhamedova, K.M., "Response of Regional Cotton Varieties to Toluene During Germination", Uzb. Biol. Zh., No. 4, pp. 26-28. (1979).

Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Edition, Vol. 23, John Wiley & Sons, New York. (1983).

Kreuzer, L.B., Kenyon, N.D., Patel, C.K.N., "Air Pollution: Sensitive Detection of Ten Pollutant Gases by Carbon Monoxide and Carbon Dioxide Lazers", Science, Vol. 177, p. 377. (1972).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross Inc., Pennsylvania. (1980).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, Ohio. (September, 1980).

Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, New York. (1975).

MacKay, D., Walkoff, R.W., "Rate of Evaporation of Low-Solubility Contaminants from Water Bodies to Atmosphere", Environ. Sci. Technol., Vol. 7, No. 7. (July, 1973).

Manufacturing Chemists Association, Toluene, Washington, D.C. (1956).

McKee, J.E., Wolf, H.W., Water Quality Criteria, Second Edition, Resources Agency of California, State Water Quality Control Board. (1963).

National Academy of Sciences, Assessing Potential Ocean Pollutants, Washington, D.C. (1975).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972: A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., p. 142. (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, Texas. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, Massachusetts. (1978).

National Institute of Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 3, S. 343., Cincinnati, Ohio. (April, 1977).

North Atlantic Treaty Organization (NATO), Manual on Hazardous Substances in Special Wastes, Federal Environmental Agency, Waste Management Division, Berlin, West Germany. (October, 1976).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, D.C. (1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario, p. 48. (November, 1978).

Owen, T.C., Characterization of Organic Compounds by Chemical Methods, Marcel Dekker, Inc., New York, New York, p. 67. (1969).

Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Brighton, England. (1977).

Perry, R.H., Chilton, C.H. (eds.), Chemical Engineer's Handbook, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1973).

Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and Seawater B.O.D. of Petrochemicals", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 46, No. 1. (January, 1974).

Raj, P.P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., p. 238. (January, 1974).

Rosenstock, H.M., Draxl, K., Steiner, B., Herron, J.T., Energetics of Gaseous Ions, National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1977).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, New York. (1961).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1979).

Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. (1980).

Sittig, M., (ed.), Priority Toxic Pollutants, Health Impacts and Allowable Limits, Noyes Data Corp., New Jersey, pp. 334-337. (1980).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Spehar, R.L., Lemke, A.E., et al, "Effects of Pollution on Freshwater Fish", Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 53, No. 6, pp. 1028-1076. (June, 1981).

Stoss, F.W., Haines, T.A., "The Effects of Toluene on Embryos and Fry of the Japanese Medaka (Oryzias latipes) with a Proposal for Rapid Determination of Maximum Acceptable Toxicant Concentration", Environ. Pollut., Vol. 20, No. 2, pp. 139-148. (1979).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, New York. (1971).

Texaco Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Don Mills, Ontario. Not dated.

Toxline, Toxicology Information Program, (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, Maryland. (1981).

Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, Indiana. Not dated.

United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assemble of Life Sciences, National Academy Press, Washington, D.C. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, D.C. (1978).

U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, D.C., CG-446-3. (April, 1974).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, U.S. Department of Transportation, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, D.C. (1980).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, D.C. (1978).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, New York. (1977).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, Ohio. (1980).

World Information Systems, "Derailed Tank Cars Spill Sodium Hydroxide in Saskatchewan", Hazardous Material Intelligence Report, p. 4. (27 November 1981).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties" Chemical Engineering, Vol. 82, No. 20, pp. 73-81. (29 September 1975).